F 1578 64

ACADEMIA REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

STUDII ȘI CERCETĂRI DE GEOLOGIE GEOFIZICĂ GEOGRAFIE

NUMĂR FESTIV DEDICAT SEMICENTENARULUI PROSPECȚIUNILOR GEOFIZICE ROMÂNEȘTI

GEOFIZICĂ

TOMUL 13
1975

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

ACADEMIA REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

Comitetul de redacţie

Redactor responsabil:

ACADEMICIAN SABBA ŞTEFĂNESCU

Redactor responsabil adjunct:

Prof. LIVIU CONSTANTINESCU, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România.

Membri:

Prof. IULIAN GAVĂT, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, Prof. RADU BOTEZATU, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, Prof. ALEXANDRU GRIGORIU, DRAGOMIR ROMANESCU, MARIUS VISARION

Secretar ştiinţific de redacţie: DOREL ZUGRĂVESCU

Toute commande de l'étranger pour les travaux parus aux Editions de l'Académie de la République Socialiste de Roumanie sera adressée à ILEXIM Serviciul Export-Import Carte (Livres)/ Serviciul Export-Import Presă (Revues), PO Box 2001, Calea Griviţei nos 64—66, Bucarest 12, Roumanie.

În ţară abonamentele se primesc la oficiile poştale, agenţiile poştale, factorii poştali şi difuzorii de presă din întreprinderi şi instituţii. Revistele se pot procura (direct sau prin poştă) şi prin PUNCTUL DE DESFACERE din cadrul Editurii Academiei.

Manuscrisele, cărţile şi revistele pentru schimb, precum şi orice altă corespondenţă, se trimit la Comitetul de redacţie al revistei pe adresa: Bucureşti, str. 13 Decembrie nr. 19, sector 7, tel. 135526.

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA
Bucureşti, Calea Victoriei 125, sector 1, tel. 50 76 80

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁRES * DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT * 1883

STUDII ŞI CERCETĂRI

DE

GEOLOGIE
GEOFIZICĂ
GEOGRAFIE

GEOFIZICĂ

TOM. 13 1975

NUMĂR FESTIV DEDICAT SEMICENTENARULUI PROSPECŢIUNILOR GEOFIZICE ROMÂNEŞTI

SUMAR

SABBA S. ŞTEFĂNESCU, Cuvînt introductiv 3

B. ALMĂŞAN, Sarcinile geofizicii româneşti în lumina Congresului al XI-lea al Partidului Comunist Român 7

T. P. GHIŢULESCU şi I. GAVĂT, Începuturile prospecţiunilor geofizice româneşti 15

L. CONSTANTINESCU şi M. SOCOLESCU, Contribuţii ale geofizicii generale la activitatea de prospecţiune din România. 35

TR. CRISTESCU, FL. NEACŞU, T. PĂSAT, I. POPEA, D. POPOVICI, GR. SCURTU, M. SUCEAVA, VL. TEODORESCU şi C. ZVÎNCĂ, 24 de ani de activitate geofizică la Întreprinderea geologică de prospecţiuni pentru substanţe minerale solide 43

C. BURCEA, 25 de ani de activitate geofizică la Întreprinderea de prospecţiuni geologice şi geofizice pentru hidrocarburi, Bucureşti 53

GH. VASILESCU, A. NEGUŢ şi S. IORDACHE, Aspecte ale introducerii şi dezvoltării activităţii de geofizică de sondă în România 63

D. ROMANESCU, Aportul cercetărilor de geofizică aplicată la activitatea de prospecţiune 77

R. BOTEZATU, Perspective de viitor ale geofizicii româneşti 83

D. MILCOVEANU, O sinteză a modelelor şi diagramelor spectrale, utile pentru interpretarea, pe baza analizei Fourier, a explorărilor gravimetrice şi magnetice 91

A. BABSKOW şi A. NEGUŢ, Dezvoltări recente în geofizica de sondă . . . 133

ST. CERCET. GEOL. GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM 13, P. 1–162, BUCUREŞTI, 1975

CUVÎNT INTRODUCTIV*

DE

SABBA ŞTEFĂNESCU

Academia R. S. România

Stimaţi tovarăşi,

Cu cincizeci de ani în urmă, din iniţiativa unui mare învăţat şi entuziast promotor al ştiinţei româneşti, a luat fiinţă prima organizaţie de stat menită a pune în serviciul cercetării resurselor minerale ale ţării cele mai moderne şi complexe mijloace de investigare, între care un loc de frunte era atribuit metodelor geofizice de prospecţiune a subsolului. Creat cu 19 ani mai înainte prin munca şi stăruinţa aceluiaşi savant clarvăzător, profesorul Ludovic Mrazec, Institutul geologic al României şi-a precizat tendinţele aplicative ale activităţii sale ştiinţifice, înfiinţînd, la 1 ianuarie 1925, o *secţie de prospecţiuni*. Aceasta, pe lîngă o importantă activitate de cartare geologică şi minieră, avea să devină în fapt, în scurtă vreme, o secţiune de prospecţiuni geofizice, prin dezvoltarea precumpănitoare a tehnicii şi aparaturii specifice noilor metode de cercetare a subsolului.

Nu voi înfăţişa amănunte asupra activităţii secţiei de prospecţiuni, deoarece vom avea astăzi satisfacţia să auzim aceste amănunte relatate chiar de primii ei conducători, oameni, astăzi în vîrstă, cu importante state de serviciu în ştiinţa şi economia naţională. De asemenea,dezvoltarea spectaculoasă a prospecţiunilor geofizice în ţara noastră, după instaurarea puterii democrat-populare, va fi înfăţişată dvs. de reprezentanţii cei mai autorizaţi ai marilor întreprinderi de prospecţiuni din cadrul Ministerului Minelor, Petrolului şi Geologiei. Ei ne vor prezenta ample comunicări asupra rolului tot mai însemnat pe care l-au avut aceste organizaţii în trecut — rol care va creşte desigur şi mai mult în viitor, astfel cum rezultă din documentele Congresului al XI-lea al Partidului Comunist Român, documente ale căror directive ne vor fi înfăţişate astăzi de personalitatea cea mai competentă şi cea mai autorizată în acest domeniu, tovarăşul Bujor Almăşan, ministrul minelor, petrolului şi al geologiei.

Cu voia dvs., îmi voi permite să formulez cîteva consideraţii asupra *învăţămîntului superior al prospecţiunilor geofizice*, care îşi serbează şi el astăzi un sfert de veac de existenţă continuă, de care personal sînt legat încă de la începuturile lui şi de a cărui desfăşurare depinde în mare măsură buna pregătire a specialiştilor noştri geofizicieni.

---

* A deschis lucrările sesiunea organizată miercuri 26 februarie 1975 de către Academia R. S. România şi Ministerul minelor, petrolului şi geologiei, pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înfiinţarea Secţiei de prospecţiuni a Institutului geologic al României.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM 13, P. 3–6, BUCUREŞTI, 1975

În învăţământul superior, aplicaţiile şi însemnătatea metodelor geofizice au fost relevate pentru prima dată, la cunoştinţa noastră, de ing. T. P. Ghiţulescu, în cadrul cursului de zăcăminte pe care l-a ţinut la fosta Şcoală politehnică în anii 1927—35. La Facultatea de mine şi metalurgie a Şcoalei politehnice din Timişoara, în cadrul unui curs de geologie economică, zăcăminte şi prospecţiuni, Valeriu Patriciu a ţinut, în anul 1931—32, un curs complet de geofizică aplicată — litografiat în anul 1933. Un curs independent de prospecţiuni geofizice a fost predat şi publicat de cel care vă vorbeşte, în 1936, la Şcoala politehnică din Bucureşti.

În urma naţionalizării principalelor mijloace de producţie — în anul 1948 — şi în cadrul atenţiunii cu totul deosebite de care s-a bucurat de atunci dezvoltarea industriei noastre extractive din partea partidului şi statului nostru, a apărut ca o necesitate stringentă pregătirea unor specialişti de înaltă calificare pentru aplicarea pe teren a metodelor geofizice, precum şi informarea cît mai temeinică a colegilor lor geologi şi ingineri de mine şi foraj asupra posibilităţilor acestor metode de cercetare.

Astfel a luat fiinţă în anul 1949 la Facultatea de geologie a Universităţii din Bucureşti o conferinţă de geofizică la care s-au succedat Sabba Ştefănescu (1949—1950), Mircea Socolescu (1950—1972) şi, în prezent, Ştefan Airinei. Cu un an mai tîrziu — în 1950 — a fost creată, în cadrul învăţămîntului tehnic superior, la Institutul de geologie şi tehnică minieră, din iniţiativa şi prin stăruinţa rectorului N. Petrulian o catedră de prospecţiuni geofizice, cuprinzînd cursuri de specialitate pentru toate disciplinele moderne ale geofizicii aplicate. După dizolvarea acestui institut, în 1957, catedra a fost transferată la Facultatea de geologie tehnică a Institutului de petrol, gaze şi geologie. Aci, a funcţionat pînă în anul 1973, dată la care a fost contopită cu alte discipline, în cadrul unei catedre complexe de inginerie geologică şi geofizică; la rîndul ei aceasta a fost transferată, în 1974, împreună cu întreaga Facultate de geologie tehnică, la Universitatea din Bucureşti. Sub conducerea succesivă a profesorilor Sabba Ştefănescu (1950—1960), Liviu Constantinescu (1960—1973) şi Radu Botezatu, învăţămîntul tehnic de prospecţiuni geofizice a îndrumat în decursul a 25 ani de existenţă continuă formarea a 530 de ingineri specialişti, dintre care 466 români şi 64 străini, aceştia din urmă proveniţi din 15 ţări ale Europei, Asiei, Africii şi Americii. Activitatea inginerilor români a acoperit integral necesităţile interne ale ţării noastre în domeniul prospecţiunilor geofizice, iar în prezent competenţa şi hărnicia lor este elogios apreciată şi solicitată pe plan internaţional.

Tovarăşi,

Istoria învăţămîntului superior de geofizică aplicată cuprinde de pe acum un interval de timp suficient de lung pentru a ne pune la dispoziţie rezultate şi situaţii variate, din a căror examinare să putem trage concluzii utile pentru viitor.

În trecut ca şi astăzi concepţiile care au prezidat la alcătuirea programelor de învăţămînt ale disciplinelor noastre au pus un accent hotărît pe *matematică*, *electronică* şi *geologie*. Se poate afirma că geofizica este o

știință complexă, în echilibru pe un tripied constituit din aceste trei științe fundamentale. Absoluta lor necesitate pentru cultura oricărui inginer geofizician apare la lectura chiar sumară a unei reviste de specialitate, de tipul revistei americane „Geophysics" sau sovietice „Prikladnaia Geofizika". Nici un articol care fundamentează o nouă metodă de lucru pe teren sau o nouă procedură de interpretare nu poate deveni inteligibil și aplicabil fără o cunoaștere aprofundată a *analizei matematice* și a *calculului electronic*. Dacă articolul prezintă aplicații la rezolvarea unor probleme geologice concrete, structura stratigrafică și tectonică a regiunii precum și proprietățile fizice ale rocilor implicate presupun o *cultură geologică* temeinică din partea cititorului. În sfîrșit *electronica* este indispensabilă pentru înțelegerea și utilizarea corectă a aparaturii de seismometrie, electrometrie, radiometrie, geofizică de sondă, magnetometrie modernă și de calcul electronic.

Posibilitatea — de loc evidentă — a înțelegerii și utilizării articolelor din marile reviste de specialitate este, după părerea noastră, un criteriu necesar și suficient pentru a stabili nivelul cunoștințelor care trebuie predate în învățămîntul superior al geofizicei aplicate.

Spre cinstea acestui învățămînt, putem afirma că criteriul a fost menținut și respectat în decursul celor 25 de ani care s-au scurs de la înființarea catedrei de geofizică și pînă astăzi. Este de dorit ca acest criteriu să îndrumeze și în viitor alcătuirea programelor noastre analitice și de învățămînt, ceea ce va solicita desigur eforturi suplimentare din partea studenților și a cadrelor didactice, dată fiind complexitatea crescîndă a tehnicilor geofizicii aplicate. Totuși numai astfel, prin asimilarea continuă a noutăților apărute în literatura de specialitate vom putea ține pasul cu permanenta revoluție tehnico-științifică care are loc în disciplinele noastre și vom putea aborda cu succes grelele probleme care așteaptă rezolvarea de la munca și priceperea noastră.

De asemenea, este de dorit ca colaborarea învățămîntului prospecțiunilor geofizice cu cercetarea și producția, care, în trecut, s-a manifestat în mod remarcabil prin introducerea în practica industrială — pe calea proiectelor de diplomă și a tezelor de doctorat — a numeroase procedee originale și inovații, să fie continuate și întărite în viitor, așa cum recomandă astăzi în mod accentuat documentele de partid și de stat.

În sfîrșit — și aci expun o părere personală care cred însă că este împărtășită de mulți dintre auditorii noștri de astăzi — este să se afle modalitatea de a reveni la o catedră cuprinzînd *numai prospecțiunile geofizice*, astfel cum ea a existat și funcționat cu bune rezultate pînă în 1973. Într-o astfel de catedră, multiplele și complexele discipline ale geofizicii aplicate au fost și ar putea fi controlate și îndrumate în bune condițiuni de o singură persoană, șeful de catedră.

Oricare ar fi însă forma organizatorică a acestui învățămînt, slujitorii lui vor ști și în viitor să-și pună întreaga putere de muncă în serviciul idealurilor de progres și civilizație ale patriei noastre socialiste.

Primit la redacție la 29 aprilie 1975

AVANT-PROPOS

(RÉSUMÉ)

Le cinquantième anniversaire de la création — en janvier 1925 — du premier service de prospection géophysique de l'Etat Roumain fournit l'occasion de passer en revue les importantes réalisations d'ordre économique et scientifique de la Géophysique appliquée dans notre pays, au cours d'un demi-siècle d'activité. Ces réalisations seront présentées par les personnalités les plus marquantes des instituts et des entreprises opératives dans ce domaine. Leurs perspectives d'avenir, telles qu'elles ont été définies par le XIe Congrès du Parti Communiste Roumain, seront exposées par le Ministre des Mines, du Pétrole et de la Géologie.

En sa qualité d'ancien titulaire de la chaire de Géophysique Appliquée de l'enseignement technique supérieur, l'auteur esquisse l'évolution de cet enseignement en Roumanie au cours du dernier demi-siècle et énumère les principes qui, à son avis, doivent présider à l'élaboration des programmes analytiques des différents cours de prospection géophysique. A ce point de vue, les Mathématiques supérieures, l'Electronique et la Géologie sont les sciences fondamentales, dont la connaissance approfondie est indispensable à tout géophysicien moderne.

SARCINILE GEOFIZICII ROMÂNEȘTI ÎN LUMINA CONGRESULUI AL XI-LEA AL PARTIDULUI COMUNIST ROMÂN *

DE

BUJOR ALMĂȘAN

Universitatea București

Sărbătorirea a 50 ani de existență a geofizicii românești oferă prilejul unei priviri retrospective asupra realizărilor obținute pînă în prezent și a sublinierii sarcinilor de viitor ale acestei activități.

În evoluția geofizicii românești în această jumătate de secol s-au obținut rezultate remarcabile materializate prin :

— Studii teoretice, care au contribuit la îmbogățirea tezaurului științific în acest domeniu pe plan mondial, dintre care menționăm în primul rînd teoria stratificației orizontale care a stat la baza dezvoltării metodelor electrometrice de prospecțiune, precum și interpretarea anomaliilor cîmpurilor potențiale prin analiza armonică și statistică matematică, calculul efectului gravitațional produs de corpuri tridimensionale de formă oarecare, studiul undelor difractate în seismometrie ș.a.

— Cercetări de geofizică planetară în domeniul geoelectromagnetismului, seismologiei, seismometriei, studiului geoidului — care au condus la elaborarea unor lucrări de sinteză pentru cunoașterea geofizică a planetei ;

— Studii și prospecțiuni geofizice, care au dobîndit o dezvoltare deosebită în ultimii 25 de ani, în vederea identificării unor acumulări de substanțe minerale utile necesare economiei naționale. Rezultatele acestor studii și prospecțiuni s-au concretizat în evidențierea a numeroase anomalii geofizice care, interpretate și verificate prin foraje și lucrări miniere au condus la descoperirea unor zăcăminte de substanțe minerale utile în țara noastră.

În domeniul hidrocarburilor, prin activitatea geofizică, în primul rînd prin metode seismice, s-au creat premizele punerii în evidență a unor importante structuri cu acumulări de petrol sau gaze în Platforma Moesică, Depresiunea Panonică, Bazinul Transilvaniei și Platforma continentală românească a Mării Negre. Ca urmare, Platforma Moesică a intervenit cu o pondere din ce în ce mai mare în producția de petrol a țării, iar platforma continentală românească a Mării Negre pentru care în ultimul timp au fost stabilite primele amplasamente de foraj, se anunță ca o nouă sursă potențială.

În domeniul substanțelor minerale solide, cercetările magnetometrice și electrometrice complexate cu alte metode geofizice au pus în

---

* Lucrare prezentată în cadrul sesiunii organizată miercuri 26 februarie 1975 de către Academia R. S. România și Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înființarea Secției de prospecțiuni a Institutului geologic al României.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM. 13 P. 7–13, BUCUREȘTI, 1975

evidenţă importante acumulări de minereuri de fier, neferoase şi auro-argentifere în principalele unităţi geologice structurale ale ţării : Carpaţii Orientali, Carpaţii Meridionali, Munţii Apuseni şi Dobrogea.

Geofizica a contribuit de asemenea prin metode radiometrice şi electrometrice la identificarea unor acumulări de metale rare şi disperse, în Carpaţii Orientali şi Munţii Apuseni.

Numeroase masive de sare gemă şi alte săruri, au fost puse în evidenţă cu ajutorul prospecţiunilor gravimetrice în zona Pericarpatică şi în Depresiunea Transilvaniei.

Carotajul geofizic în găurile de sondă reprezintă un alt domeniu pe care geofizica românească l-a aplicat, situîndu-se printre pionierii pe plan mondial şi în care a înregistrat rezultate remarcabile, reflectate prin ridicarea eficienţei economice a lucrărilor de foraj, în primul rînd la hidrocarburi, săruri şi cărbuni, iar mai recent la minereuri.

Construcţia de aparatură pentru cercetări geofizice a format obiectul unor preocupări ale unităţilor de specialitate, în special în ultimii 10 ani, obţinîndu-se rezultate promiţătoare.

Ritmul rapid de industrializare a ţării noastre a condus la necesitatea asigurării unui volum tot mai mare de materii prime minerale din resurse interne.

Pe linia asigurării bazei de materii prime minerale, partidul nostru, în deosebi în ultimul deceniu, ca urmare a preţioaselor indicaţii ale secretarului său general tov. Nicolae Ceauşescu, a formulat, în cadrul politicii economice generale, o adevărată politică a industriei extractive, care a fost aplicată cu consecvenţă şi fermitate.

Pentru cunoaşterea şi inventarierea bogăţiilor minerale ale ţării, au fost intensificate cercetările geologice, alocîndu-se mijloace tot mai mari şi într-o măsură neîntîlnită în alte ţări. Fondurile alocate pentru cercetări geologice s-au ridicat la 3—4% din totalul cheltuielilor bugetului, echivalînd cu circa 20% din valoarea producţiei globale a industriei extractive.

Documentele Congresului al XI-lea al Partidului Comunist Român prevăd obiectivele fundamentale ale etapei următoare de dezvoltare a României socialiste. Continuînd ferm politica de industrializare socialistă, pentru înfăptuirea acestor obiective, una din direcţiile principale ale dezvoltării industriei ţării noastre este formulată astfel : „Se va intensifica activitatea de prospectare şi identificare a noi surse de materii prime şi energie, urmărindu-se punerea în valoare a tuturor resurselor posibile, în vederea asigurării din ţară, într-o măsură tot mai însemnată, a mijloacelor necesare economiei naţionale [1]".

În stadiul actual al cunoaşterii geologice, metodele geofizice verificate cu succes în condiţiile fizico-geologice ale ţării noastre, se impun cu prioritate, fiind aplicabile în cazul zăcămintelor ascunse, inaccesibile observaţiei geologice directe din domeniul terestru şi singurele care pot aduce informaţii asupra zăcămintelor din domeniul marin.

---

[1] Programul Partidului Comunist Român de făurire a societăţii socialiste multilateral dezvoltate şi înaintare a României spre comunism. Ed. politică, Bucureşti 1975 — pag. 71.

Cunoscînd capacitatea de rezoluție a acestor metode în principalele probleme ce stau astăzi în atenția cercetării geologice, prin planurile elaborate se prevede alocarea unor fonduri sporite pentru activitatea geofizică. Dacă volumul total de finanțare al lucrărilor geologice pentru cincinalul 1976—1980 marchează o creștere de aproape 37% față de cincinalul 1971—1975, volumul lucrărilor geofizice finanțate de la buget, prevăzute pentru aceeași perioadă înregistrează o creștere de peste 51%. Aceasta întrucît cercetarea geofizică conduce în final la o eficiență economică sporită în evidențierea acumulărilor de substanțe minerale utile, prin orientarea cercetării cu foraje și lucrări miniere, pe zonele cu premisele geologice cele mai favorabile.

Complexitatea problemelor puse cercetărilor geofizice în viitor, necesită amplificarea studiilor teoretice în domeniile tuturor metodelor geofizice.

Se va avea în vedere introducerea în tehnica curentă a unor aparate și echipamente de înaltă capacitate și putere de rezoluție, aplicarea unor metode noi cu randament sporit de prelucrare a datelor de observație. Prin utilizarea pe scară tot mai largă a calculului automat vor putea fi reinterpretate în concepții noi și valorificate pe plan superior unele lucrări din trecut.

Pentru asigurarea bazei de referință a tuturor metodelor geofizice vor fi continuate cercetările de geofizică generală. Vor fi dezvoltate studiile geomagnetice, prin completarea rețelei de observatoare pe teritoriul țării în paralel cu studiul curenților telurici și efectuarea de sondaje geoelectromagnetice. Se va continua studiul geoidului prin completarea rețelei gravimetrice de sprijin. Datele obținute vor folosi la elaborarea hărților magnetice, de curenți telurici și a celor gravimetrice ale teritoriului țării la scara 1 : 200.000. Metoda sondajelor seismice va fi utilizată la stabilirea limitelor și accidentelor majore ale scoarței terestre. Studiul seismicității teritoriului va fi amplificat, prin completarea rețelei de observație în special în zonele marilor baraje și construcții industriale. Se vor intensifica cercetările de flux termic în scopul stabilirii condițiilor geotermice, a fundamentării cercetărilor pentru noi surse energetice neconvenționale.

Pentru precizarea vîrstei formațiunilor geologice și în special a celor purtătoare de mineralizații se vor continua studiile prin metode radiometrice și se vor iniția cercetări prin metode paleomagnetice.

Înfăptuirea acestor obiective va contribui la fundamentarea teoretică a lucrărilor de prospecțiune geofizică și totodată la continuarea tradiției geofizicii românești afirmată pe plan mondial.

Programele de prospecțiune prin metode geofizice vor avea în vedere determinarea surselor primare de energie (hidrocarburi, cărbuni, ape termale, minereuri radioactive) precum și identificarea altor resurse minerale necesare economiei naționale.

Astfel, în vederea precizării condițiilor geologice și a perspectivelor de hidrocarburi ale formațiunilor de vîrstă paleozoică și mezozoică din zona nordică a Platformei Moesice cît și a celor paleogene și miocen inferioare din Depresiunea Getică și Depresiunea Carpaților Orientali, obiective situate la mare adîncime, se vor efectua lucrări experimentale pentru perfecționarea metodei seismice de înregistrare. Se vor continua lucrările

pentru aplicarea programelor de migrare și modelare a profilelor în vederea interpretării geologice corecte a secțiunilor seismice. Pentru cercetarea zonelor de interes petrogazeifer cu relief accidentat și geologic complicată din Depresiunea Getică și Depresiunea Carpaților Orientali se vor stabili și completa metodele cele mai eficiente în prospectarea acestor zone, în special se vor perfecționa lucrările de cercetare cu metoda seismosondajelor spațiale de masă, multidispozitiv.

În vederea cercetării zonelor care întrunesc condiții optime pentru formarea de capcane litologice și stratigrafice din unitățile structurale de perspectivă pentru hidrocarburi, se vor elabora metodologii noi de înregistrare și prelucrare a datelor la calculator. Se impune de asemenea cercetarea eficientă a zonelor cu structură complexă și a capcanelor combinate și subtile.

Se vor continua prospecțiunile geofizice pe Platforma Continentală românească a Mării Negre, prin complexarea diferitelor metode și detalierea anumitor zone.

Va fi experimentată complexarea diferitelor metode geofizice în vederea obținerii unei eficiențe mai ridicate a programelor de cercetare geologică prin foraje a acumulărilor de cărbuni.

Răspunzînd la sarcinile privind descoperirea altor tipuri de resurse energetice, metode geofizice noi, cum ar fi termometria, vor trebui aplicate pe scară tot mai largă, în vederea conturării unor rezerve de ape termale. Totodată se vor continua prospecțiunile radiometrice în vederea evidențierii unor anomalii care să justifice programe de cercetare pentru identificarea de minereuri radioactive.

Se vor continua ridicările magnetometrice la scară regională pentru acoperirea întregului teritoriu al țării și în special prospecțiunile de detaliu și mare detaliu în vederea evidențierii unor noi acumulări de minereuri de fier, inclusiv cu conținut scăzut, sau zăcăminte ascunse situate la adîncimi mari.

Este necesar să se amplifice volumul lucrărilor de prospecțiuni electrometrice și să se continue complexarea acestora cu alte metode, în vederea identificării unor noi structuri susceptibile de a conține mineralizații neferoase, auro-argentifere și de metale rare și disperse.

Lucrări geofizice, în variante corespunzătoare vor trebui experimentate, adaptate și pentru cercetarea substanțelor minerale utile nemetalifere.

Față de volumul însemnat de date geofizice obținute pînă în prezent ca rezultat a unei intense activități desfășurate, este necesară elaborarea unor studii cu caracter de sinteză care să permită inventarierea, interpretarea și valorificarea întregului fond geofizic acumulat, urmărind selectarea celor mai importante anomalii în scopul întocmirii unor programe de verificare a acestora prin lucrări de foraj și miniere.

Pe parcursul elaborării acestor sinteze, vor fi efectuate cercetări complexe pentru determinarea proprietăților fizice ale rocilor, care să constituie suportul de fundamentare a interpretărilor. Aceste studii de sinteză vor fi întocmite pe metode și unități geologice structurale și vor fi reactualizate pe măsura obținerii de noi date.

În domeniul investigațiilor geofizice în găurile de sondă, este necesar să se continue carotajul geofizic pentru hidrocarburi și să se extindă la

forajele pentru cărbuni. Pentru cercetarea acumulărilor de minereuri este necesar să se complexeze cu diferite metode carotajul geofizic în găurile de foraj, să se amplifice cercetarea geofizică în lucrări miniere, în vederea elaborării unor metode care să permită investigarea spațiului și detectarea mineralizațiilor dintre lucrările miniere și de foraj.

În vederea asigurării condițiilor de realizare a tuturor acestor sarcini, conducerea partidului și statului nostru au stabilit măsuri de completare a actualei dotări a geofizicii cu aparatură și echipamente moderne corespunzătoare și a fost creat cadrul organizatoric adecvat, prevăzîndu-se în continuare extinderea formelor și a metodelor avansate de desfășurare a activității geofizice prin îmbinarea strînsă a cercetării științifice cu învățămîntul și producția.

Inventivitatea și spiritul creator al specialiștilor noștri vor trebui să se manifeste și în continuare pentru realizarea din resurse interne a unor aparate și dispozitive cu performanțe ridicate, la nivelul tehnicii mondiale, care să asigure în parte necesarul de aparatură geofizică.

Actualul stadiu de dezvoltare a geofizicei românești și condițiile create pe plan intern impun ca, pe lîngă obiectivele enumerate mai sus, să se răspundă și la un alt deziderat major, oglindit în documentele Congresului al XI-lea și anume lărgirea cooperării economice cu țările socialiste și cele în curs de dezvoltare și cu alte state ale lumii.

Specialiștii români din domeniul geofizicii și-au dobîndit pînă acum un renume bine meritat peste hotare, cooperarea cu România în acest domeniu fiind solicitată din ce în ce mai mult.

Este necesar ca pe viitor să amplificăm și să diversificăm această cooperare, îndeosebi pe calea executării de lucrări, a prestării de servicii în exterior și a participării în cadrul unor societăți mixte.

Lărgirea acțiunilor de cooperare ne obligă să luăm măsuri organizatorice corespunzătoare : să pregătim mai mulți specialiști, să perfecționăm modul de pregătire a cadrelor locale, să promovăm cu mai mult curaj experiența și utilajele noastre în exterior. Această cooperare ajută la crearea de relații economice stabile și de durată, reciproc avantajoase, contribuind totodată la dezvoltarea industriei extractive din țările respective, la progresul lor general.

Înfăptuirea acestor sarcini de viitor ale geofizicii românești va contribui la fundamentarea pe o bază științifică a programului complex de cercetare pentru sporirea continuă a potențialului de resurse energetice și de materii prime minerale al țării noastre, obiectiv principal al politicii economice prevăzut de documentele Congresului al XI-lea pentru edificarea societății socialiste multilateral dezvoltate pe pămîntul României.

Primit la redacție la 29 aprilie 1975

BIBLIOGRAFIE

CEAUȘESCU NICOLAE, *Raport la cel de al XI-lea Congres al P.C.R.*, Ed. Politică, București, 1974.

— *Programul P.C.R. de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintare a României spre comunism.* Ed. politică, București, 1975.

— *Directivele Congresului al XI-lea al P.C.R. cu privire la planul cincinal 1976—1980 și liniile directoare ale dezvoltării economico-sociale a României pe perioada 1981—1990.*

— *Programe naționale cu caracter prioritar privind: evidențierea și valorificarea unor zăcăminte de metale rare; forajul și exploatarea sondelor de mare adîncime: cercetarea geologică a platformei continentale românești a Mării Negre și forajul pe mare.*

— *Planurile tematice de cercetare ale I.G.G. și I.P.P.G.C. pe perioada 1976—1980.*

ȘTEFĂNESCU SABBA, *Evoluția prospecțiunilor geofizice pe teritoriul R.P. Române*, Bul. Științific al Acad. R.P.R. Secția geologie și geografie, **II**, *1* (1957).

BARBIER E. și FARELLI M., *Overview of Geothermal Exploration and Developement in the World*. Instituto Internazionale per la Ricerche-Geotermiche, UNESCO, Pisa, 1973.

K. A. WIENERT, *Méthodes d'observation et de prospection géomagnétiques*, UNESCO, Paris, 1970.

U.G.G.I., *Guide to international data exchange through the World data centers*, I.C.S.U., Washington, 1973.

KÁRNIK V., *Seismicity of the European area*. Part 1 — 1968, Part 2 — 1971.

GUTEMBERG B. și RICHTER C. F., *Seismicity of the Earth*. Princeton Univ., Press, 1954.

LES TÂCHES DE LA GÉOPHYSIQUE ROUMAINE DANS LA LUMIÈRE DES DOCUMENTS DU XIe CONGRÈS DU PARTI COMMUNISTE ROUMAIN

(RÉSUMÉ)

Ces 50 dernières années la Géophysique roumaine a obtenu des résultats remarquables qui se sont matérialisés par des études théoriques, des recherches de géophysique planétaire et, notamment, par des recherches appliquées dans le domaine de la prospection géophysique. De nombreuses anomalies géophysiques ont été identifiées ce qui a créé la prémisse de la mise en évidence d'importantes structures pétrolières et gazéifères, et de gisements de substances minérales solides.

Les documents du XIe Congrès du Parti Communiste Roumain, prévoyent aussi des tâches à l'avenir dans ce domaine, pour rendre l'activité de recherche plus intensive, en vue de découvrir de nouvelles ressources énergétiques et de matières premières minérales.

Par conséquent, les études théoriques se développeront dans le domaine des méthodes géophysiques, et on introduira, dans la technique courante de recherche géophysique, des appareils et des équipements de haute capacité et pouvoir de résolution, en utilisant, à une échelle de plus en plus importante les calculateurs pour l'interprétation des données primaires.

La prospection géophysique sera amplifiée et en même temps, les méthodes employées seront combinées en vue de les rendres plus efficaces, pour détecter de nouvelles structures et gisements cachés de substances minérales utiles, situés à de plus grandes profondeurs, inaccessibles aux méthodes directes d'investigation.

L'élaboration d'amples études, ayant un caractère de synthèse, permettra de faire l'inventaire, d'interpréter et de valoriser tout le fond

géophysique accumulé, dans le but de définir des programmes de vérification des plus importantes anomalies, par des travaux de forage et miniers.

Le développement et la diversification de la coopération avec d'autres pays, dans le domaine de la recherche géophysique, s'inscrit dans le contexte de la politique extérieure générale de notre pays, d'une participation — la plus active — dans le circuit scientifique et économique mondial.

ÎNCEPUTURILE PROSPECȚIUNILOR GEOFIZICE ROMÂNEȘTI *

DE

TOMA PETRE GHIȚULESCU și IULIAN GAVĂT

Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei *Academia R. S. România*

INTRODUCERE

România după primul război mondial și-a trasat liniile directoare ale politicii miniere în Constituția din 1923 și prin Legea minelor din 1924, reflectînd în bună parte principiile enunțate de profesorul Ludovic Mrazec încă din 1915 adică : naționalizarea subsolului, dreptul statului de a dirija și controla întreaga activitate geologică-minieră, participarea directă a Statului la prospectarea și explorarea subsolului și indirectă la exploatare și valorificare.

În această puternică afirmare a intereselor naționale, un rol de seamă revenea Institutului geologic al României. După concepția profesorului Mrazec ,,politica minieră este în primul rînd o politică de zăcăminte", formulă prin care se afirmă primatul științei geologice în orientarea, îndrumarea și realizarea producției de materii prime minerale, în sensul evidențierii intensive de rezerve, de valorificare rațională și de conservare a acestora. Legea minelor preciza rolul Institutului geologic de organ consultativ și executiv al Statului în acțiunea de validare a drepturilor miniere vechi, de acordare de noi concesiuni, perimetre de explorare și permise de prospectare cît și măsuri de protecție a zăcămintelor în contra degradării sau exploatării prădalnice. Considerat ca o instituție de înalt nivel științific, obiectiv, Institutul geologic da avize conforme (obligatorii). Institutul geologic urma să se ocupe ,,de toate ramurile științifice și economice din România care se sprijineau pe cunoașterea substanțelor minerale".

În această ambianță, în 1925, conform dispozițiunilor art. 5 din Legea minelor, a luat ființă Institutul geologic al României serviciul de prospecțiuni care — timp de cincizeci de ani — a contribuit, direct sau prin organismele care au derivat, la vasta și rodnica activitate de evidențiere a bogățiilor minerale ale țării.

Schema funcțională a acestui serviciu a fost trasată prin ,,Memoriu asupra organizării serviciului de prospecțiuni de la Institutul geologic al României", întocmit la 15 mai 1925 de prof. dr. David Roman, care funcționa ca șef al serviciului. Obiectivele serviciului erau : ,,Să facă toate prospecțiunile întreprinse de Stat, să urmărească rezultatele prospecțiunilor și explorărilor date particularilor și să îndeplinească toate însărcină-

*Lucrare prezentată în cadrul sesiunii organizată miercuri 26 februarie 1975 de către Academia R. S. România și Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înființarea Secției de prospecțiuni a Institutului geologic al României.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM. 13, P.15—33, BUCUREȘTI, 1975

rile date Institutului geologic în ce privește buna aplicare a Legii Minelor". Serviciul trebuia să cuprindă trei secțiuni : „Una științifică — administrativă pentru avizele legalmente necesare aplicării Legii Minelor ; a doua de prospecțiuni propriu-zise și a treia de statistică". În ce privește subiectul care ne interesează, Memoriul prevedea : „Cum la noi nu va exista multă vreme posibilitatea pentru întreprinderea cercetărilor pe cale fizică, ar fi indicat ca să se facă un contract cu una din marile societăți de prospecțiuni prin mijloace fizice din străinătate, pentru prospectarea regiunilor studiate în prealabil de secțiunea de prospecțiuni. Contractul trebuie făcut în sensul ca conducerea geologică s-o aibă secția de prospecțiuni a Institutului geologic și ca o parte dintre fizicieni să se recruteze din elemente românești, spre a se putea forma un corp de geofizicieni".

Personalul serviciului de prospecțiuni a fost completat în 1925 prin angajarea, la 20 octombrie, a lui Iulian Gavăt și la 1 noiembrie a lui Petre Toma Ghițulescu, ambii ingineri de mine, care au primit sarcini de lucru, respectiv în domeniile zăcămintelor de petrol și zăcămintelor de minereuri. Aceștia au dovedit însă, chiar de la începutul funcționării lor în serviciul de prospecțiuni, un interes deosebit pentru metodele de prospectare geofizică, așa cum se evidențiază prin referatele făcute în ședințele de comunicări ale Institutului geologic din lunile noiembrie, decembrie 1925 și ianuarie, februarie 1926 (D.d.S. vol. 14). Aceasta a permis o nouă orientare funcțională a serviciului de prospecțiuni, în sensul enunțat de prof. Mrazec în ședința de comunicări din 26 februarie 1926, în termenii următori : „Sperăm să începem, chiar în campania anului 1926, cercetări de zăcăminte cu aceste metode geofizice. Convingerea noastră este că pe această cale se va putea studia precis litosfera" (D.d.S. vol. 14, pag. 77).

Acesta este, în mod sintetic, prologul la începuturile activității de prospectare geofizică prin mijloace naționale în țara noastră.

În evoluția aplicării, în țara noastră, a metodelor geofizice la problemele de geologie economică și de geologie generală, se pot distinge două perioade :

— perioada de circa 25 de ani de la 1925 pînă la 1950, timp în care la contribuția adusă de Institutul geologic al României, se asociază și aceea a unor întreprinderi particulare;

— perioada de la 1950 la 1975, în care întreaga activitate trece asupra statului, care o exercită prin organisme create în acest scop.

În cele ce urmează, ne limităm a examina prima perioadă, încercînd să arătăm, în linii generale, condițiile în care au luat naștere, s-au organizat și au funcționat primele nuclee de geofizică aplicată românești, activitatea pe care au depus-o și rezultatele obținute. Activitatea Institutului geologic o cunoaștem prin proprie experiență sau din documentele scrise și, în bună parte, publicate sau conservate în arhiva Ministerului Minelor, Petrolului și Geologiei. Activitatea întreprinderilor particulare ne este mai puțin cunoscută, deoarece avea un caracter confidențial. Se fac totuși mențiuni după date informative ce am putut culege din lucrarea „Raport asupra studiului geofizic în R.P.R., perioada 1925—1950", întocmit de prof. N. N. Puzăriev (București, martie, 1951).

ORIENTAREA, DOTAREA ȘI ORGANIZAREA, PRIMELE CONFRUNTĂRI CU PRACTICA

Începem prin a schița stadiul în care se găseau metodele geofizice aplicate, în preajma anului 1925, pentru a încerca să facem înțelese propriile noastre opțiuni.

Ideea folosirii fenomenelor fizice pentru prospecțiunea minieră era veche, dar impulsul care a determinat marele avînt de dezvoltare a fost teribila lipsă de materii prime minerale de care a suferit Europa în timpul primului război mondial și în epoca de refacere ce i-a urmat. Metodele geofizice sînt originare din Europa, unde s-au elaborat teoriile, s-au inventat și construit aparatele și s-au organizat grupe de lucru, multe sub formă de societăți comerciale. În timpul războiului a avut loc o activitate relativ intensă, iar după război interesele comerciale au dus metodele, în stare de gestație, spre țările cu mari perspective miniere și posibilități financiare. Al doilea puternic impuls a derivat din succesele obținute în S.U.A., unde măsurători cu balanța de torsiune și procedeul seismic Mintrop au descoperit mari zăcăminte de petrol în jurul domurilor diapire de sare din Coasta Golfului (Texas și Louisiana). Succesul economic a creat o atmosferă de sprijin entuziast pentru metodele geofizice, adeseori interesat, deoarece America oferea un larg debușeu pentru contracte de serviciu, export de aparate și de specialiști. În literatura geologică minieră abundau articole cu scop de propagandă sau reclame. Posibilitățile reale ale metodelor geofizice, la acea epocă, se limitau de fapt la rezolvarea unor probleme geologice relativ simple, în condiții favorabile de investigare.

În acel sfîrșit de an din 1925, nu dispuneam de manuale sintetice de geofizică aplicată, în schimb consultam aproape toate revistele de specialitate.

În țara noastră, problema intensificării prospecțiunilor era considerată ca foarte stringentă pentru petrol, gaze, cărbuni, fier și cupru, ale căror rezerve erau deficitare. Legea minelor din 1924 crease fondul de prospecțiuni și explorări la dispoziția exclusivă a Ministerului Industriei și Comerțului, care la finele anului 1925 avea un activ de peste 50 milioane lei, iar pentru anul 1926 se prevedeau încasări de peste 70 milioane lei. În aceste condiții, în vederea amplificării și perfecționării mijloacelor de investigație, în decembrie 1925, s-a decis crearea în cadrul Serviciului de prospecțiuni al Institutului geologic a unei secții de geofizică aplicată, însărcinîndu-se inginerul Ghițulescu să facă propuneri pentru metodele de adoptat, procurarea aparatelor și organizarea lucrărilor în cît mai scurt timp posibil. Bugetul pe anul 1926 al fondului de prospecțiuni și explorări a prevăzut 2,1 milioane lei pentru aparate și materiale și 2,3 milioane lei pentru salarii, diurne, transporturi, publicații, adică în total 4,4 milioane lei.

În momentul cînd această decizie a devenit cunoscută, s-au emis criterii asupra drumului ales, în special din partea laboratoarelor de fizică și geofizică de pe lîngă institutele meteorologice și catedrele universitare care considerau că le revenea competența de a dezvolta geofizica aplicată la rezolvarea problemelor geologice. În dilema transferării preocupării geologice la centrele de geofizică existente sau de grefare a teoriei și tehnicii geofizice la centrul geologiei, Institutul geologic a considerat mai favorabilă această din urmă cale, care în stadiul de gestație în care se găseau

atunci metodele geofizice, asigura o pondere predominantă factorilor geologici în lucrările de prospectare. Astfel s-au petrecut faptele la sfîrșitul anului 1925, cînd s-a creat secția de prospecțiuni geofizice (L. Mrazec, Referat nr. 1088/18/X/1926, Arhiva MMPG, Dos. 51/1926, filele 93—95).

În 1926 au apărut mai multe lucrări sintetice și manuale asupra metodelor de prospectare geofizică (Ambronn R., Gutenberg H., Haaléck, H, Krahmann R., Heiland C. A.), care ne-au permis o orientare mai judicioasă în ce privește posibilitățile metodelor și tipurile de aparate folosite. Inginerul Ghițulescu a avut ocazia să asiste, în iunie 1926, la experimentul făcut de prof. St. Rybar, de la Universitatea din Budapesta, cu balanța de torsiune originală a lui Eötvös, în aflorimentele zăcămîntului de minereuri de fier și sulfuri de la Ocna de Fier și în lunile iulie și august ale aceluiași an la prospectarea făcută de Soc. Piepmeyer-Cassel cu metoda Elbof, deasupra zăcămîntului aurifer de la Musariu Central-Brad.

Ținîndu-se seama de natura problemelor, de tipurile de structuri geologice din țară și de felul zăcămintelor care se găseau în centrul preocupărilor serviciului de prospecțiuni, s-a considerat corespunzătoare metoda gravimetrică cu balanța de torsiune, metoda magnetometrică cu variometre, metoda potențialului natural, și a cîmpului electric tip Elbof. Propunerea a fost argumentată de D. Roman, șeful serviciului de prospecțiuni și T. P. Ghițulescu, șeful secției de prospecțiuni geofizice, în Raportul nr. 1959/16/X/1926 (arhiva MMPG, dos. 51/1926, filele 46—56), la care se anexa referatul asupra ofertelor de aparate. Contractele au fost încheiate în noiembrie 1926, iar predarea și recepționarea s-a făcut în circa 3 luni. Inginerul Ghițulescu a făcut o recepție preliminară la fabricile furnizoare, deprinzînd manipularea aparatelor și repararea defectelor de funcționare posibile. Cu această ocazie, a luat cunoștință de lucrările catedrei de geofizică din Freiburg în Breisgau (Prof. Königsberger), ale laboratorului de cercetări ale societății Piepmeyer din Cassel, ale Institutului geologic al Prusiei din Berlin, Observatorului geofizic din Potsdam (Prof. Nippolt) și ale catedrei de fizica globului de la Sorbona. În această primă fază nu s-a întrevăzut folosirea metodei seismice, cu unde refractate, care forma obiectul brevetului înregistrat de L. Mintrop în S.U.A., septembrie 1926.

Anii următori au fost consacrați formării grupelor de lucru, instruirii personalului și experimentării fiabilității metodelor în regiuni cu structuri geologice bine cunoscute și morfologii favorabile.

În anul 1927, s-au experimentat metodele magnetice și parte din cele electrice. Inginerul Ghițulescu cu Ing. M. Socolescu, angajat din luna august 1926 și Ing. Gh. Russo, angajat în iulie 1927, au format prima echipă, pentru experimentarea metodei cu variometru magnetic vertical, deasupra și în extinderea zăcămîntului bine cunoscut de la Altîn Tepe. Lucrările au continuat în anul 1928, echipa fiind completată cu ing. Marcel Georgescu, angajat de la 1 noiembrie 1927. În 1928, aparatajul s-a completat cu două variometre pentru componenta orizontală. Ing. Gh. Russo a executat în 1929 măsurători informative deasupra domului de sare de la Florești, fără însă a putea stabili fiabilitatea metodei pentru descifrarea unei structuri petrolifere de acest tip. Faza de experimentare a metodei magnetometrice era terminată, variația diurnă a cîmpului magnetic era înregistrată prin dispozitiv propriu, sincronizat cu lucrările în teren, ceea

ce permitea raportarea zilnică a anomaliilor și adoptarea continuă a măsurătorilor la probleme geologice recunoscute de aceiași operatori în teren. În ce privește interpretarea anomaliilor, se dispunea de formulele și diagramele publicate de Heiland, Haalck și Rothée. În 1929, Gh. Russo a format echipă cu ing. T. Bărbat, angajat din mai 1929 și a început prospectarea zonei banatitice din Banatul de vest, cu zăcăminte pirometasomatice de fier, sulfuri polimetalice și metale nobile.

Experimentarea metodei gravimetrice a început în anul 1928, lucrîndu-se cu o balanță de torsiune Schweydar Askania tip Z 40. Ing. Ghițulescu a fost echipă cu ing. I. Gavăt, pentru scurt timp, apoi acesta a continuat singur lucrările, ajutat din 1929 de Vasile Lăpușan, conductor minier, iar din 1934 de Stelian Dumitru, conductor tehnic. Primul cîmp de experiențe a fost ales în regiunea Florești, cu relief plan și o structură de tip diapir, cu nucleu de sare. Rezultatele au fost concludente, atît în ce privește limitele masivului de sare, cît și profilul acestuia în adîncime. În 1929 și 1930, Ing. I. Gavăt a extins aceste prospecțiuni în zona Băicoi, Lilieşti, Țintea, Filipești, Măgureni, pînă la Gura Ocniței și Bucșani. Succesul prospecției gravimetrice a fost desăvîrșit în studiul structurilor de detaliu, în teren relativ puțin accidentat, datorită acurateței cu care se executau măsurătorile și corecțiile. Pentru interpretare s-au aplicat formulele clasice de integrare a efectelor anizotropiilor de densitate, sub diverse forme, folosind date foarte apropiate pentru greutățile specifice ale diferitelor orizonturi geologice, determinate de ing. I. Gavăt. Dar, ceea ce a contribuit în mare măsură la eficiența prospecțiunii a fost cercetarea concomitentă a structurii geologice prin studii făcute de ing. I. Gavăt, ceea ce a permis o interpretare veridică a datelor geofizice și o contribuție la progresul cunoașterii geologice în regiunile cercetate.

Experimentarea metodelor geo-electrice a început încă din toamna anului 1927 la Altîn Tepe, prin măsurători de potențial natural. Metoda Elbof a fost experimentată mai întîi în teren plan cu stratificații orizontale la Popești Leordeni, lîngă București, de către inginerii Ghițulescu, Socolescu, M. Georgescu și Ion Huber-Panu (1927) și apoi, în sectorul minier Altîn Tepe (1928), unde a participat și ing. Sabba Ștefănescu, angajat din ianuarie 1927 precum și ing. C. Brătescu, angajat din mai 1928. Aceste investigații au sesizat prezența corpurilor minerale cu conductibilitate crescută, dar au arătat necesitatea de perfecționare a aparatelor și de asimilare teoretică a metodei, ceea ce a avut loc sub îndrumarea ing. Sabba Ștefănescu, care publicase în țară și străinătate studii fundamentale asupra teoriei metodelor electrice, de înalt nivel științific. În același timp, ing. M. Socolescu a construit noi tipuri de cadre și amplificatoare de mai mare sensibilitate și stabilitate, care au permis efectuarea de măsurători asupra mărimii și defazării cîmpului electromagnetic. Cu aceste perfecționări, metoda s-a experimentat în teren cu strate orizontale de platformă (Săceleanu, 1929) și în același an, în teren accidentat, la zăcămintele de sulfuri metalifere de la Rodna Veche și Cavaic, dovedindu-se fiabilitatea metodei în anumite limite.

La sfîrșitul anului 1929, Secția de prospecțiuni și geofizică aplicată asimilase deci metodele magnetice (4 variometre), gravimetrice (2 balanțe de torsiune Z40) și parțial pe cele electrice (2 grupe), cu cadre competente și o capacitate de lucru care putea fi ușor dezvoltată.

Paralel cu aceasta, societățile petrolifere desfășurau o activitate de prospectare geofizică relativ intensă, exercitată în mare parte prin societăți străine comerciale și în unele cazuri prin departamentele lor speciale.

Organizarea prospecțiunilor geofizice nu a putut fi realizată conform dispozițiunilor legale, care prevedeau ca Institutul geologic să urmărească toate activitățile de prospectare și explorare din țară, pentru coordonarea eforturilor și asigurarea unei eficiențe maxime. Aceasta a întîmpinat opoziția de fapt a întreprinderilor particulare preocupate să-și asigure secretul rezultatelor, în vederea concurenței la obținerea drepturilor exclusive de explorare și exploatare. Din această cauză au rezultat suprapuneri de lucrări geofizice pe mari suprafețe și importante irosiri de efert tehnic și financiar.

Dealtfel, schimbările de concepție în politica minieră introduse prin modificarea din 1930 a Legii minelor și prin Legea petrolului din 1938, au diminuat rolul diriguitor al Statului și au încurajat inițiativa particulară lucrînd independent și confidențial.

Din aceste motive, în cele ce urmează ne vom ocupa numai de organizarea lucrărilor de geofizică aplicată la Institutul geologic. Primul șef al Serviciului de prospecțiuni, prof. David Roman, a încetat din viață la 10 februarie 1927. Dispărea un conducător de capacitate incontestabilă, cu mult elan creator, iar geofizica aplicată pierdea un susținător convins. Ca urmare, s-a creat Secția de prospecțiuni și geofizică aplicată, care a funcționat cu un buget și un personal propriu, cît și cu personal angajat temporar. Această secție a fost condusă de Toma Petre Ghițulescu, din februarie 1926 pînă la finele anului 1935. Iulian Gavăt a condus secția jumătate de an în 1930 și în anii 1936 și 1937, iar mai departe conducerea a fost exercitată de Sabba Ștefănescu pînă în 1950, dată la care secția de prospecțiuni și geofizică aplicată s-a transformat, prin încorporare în Întreprinderea de prospecțiuni și laboratoare a Comitetului geologic, creat în 1950. Sabba Ștefănescu a luat parte activă la conducerea Comitetului Geologic în calitate de consilier responsabil pentru lucrările de geofizică aplicată, pe care le-a îndrumat pînă în anul 1967.

Pentru conturarea cadrului de activitate a Secției de prospecțiuni și geofizică aplicată, trebuie menționată intensa activitate geologică de prospectare sau de studii regionale, pe care a dezvoltat-o, ca de exemplu : cercetarea structurilor petrolifere și gazeifere, studiul pierderilor de petrol și gaze în exploatările petrolifere, studiul și evaluarea rezervelor de cărbuni, studii, prospecțiuni și evaluări de rezerve de minereuri, inventarierea carierelor de roci utile, determinări de ape minerale și statistica petrolului pe formațiuni geologice. La aceste lucrări au contribuit, ca angajați ai Secției de prospecțiuni : Radu Pascu, Otto Protescu, Ștefan Cantuniari, Horia Grozescu, Dumitru Ștefănescu, Miltiade Filipescu, Alexandra Codarcea, Dan Giușcă, Nicolae Petrulian, Albert Streckeisen, T. P. Ghițulescu, Iulian Gavăt, Mircea Socolescu, Teodor Bărbat și alții.

În ce privește organizarea de detaliu a fiecărei lucrări, Secția a adoptat sistemul general în Institutul geologic, ca lucrările să fie executate de grupuri foarte restrînse, de unul pînă la doi cercetători, cărora li se lăsa întreaga inițiativă și responsabilitate pentru rezolvarea în cele mai bune condiții a problemelor încredințate.

În anul 1930 au intervenit schimbări importante. Fondul de prospecțiuni și explorări a fost desființat, finanțarea activității secției urmînd a fi făcută în limitele posibilităților restrînse ale bugetului Statului. Prof. Ludovic Mrazec a părăsit institutul, Secția de prospecțiuni și geofizică aplicată pierzînd sprijinul fondatorului său principal. În toamna anului 1930 s-a pus în discuție însăși existența Secției de prospecțiuni și geofizică aplicată la Institutul geologic. Prof. Ion Popescu-Voitești, noul director, a cerut inginerilor Ghițulescu și Gavăt să întocmească raport (nr. 3400 din 21.XI.1930), în care s-au arătat principalele lucrări realizate, potențialul de lucru și vastul program de activitate ce urma să fie realizat în interesul economiei miniere a țării. Secția a fost menținută, dar capacitatea de dezvoltare a fost sensibil redusă.

În perioada 1930—1937 dotarea geofizică de la buget nu a mai fost posibilă și puținele achiziții au fost realizate din fonduri obținute prin lucrări realizate de secție în contract cu societăți particulare.

După 1937 sub impulsul necesităților de materii prime, determinate de războiul care începea, Institutul geologic era în măsură să-și reia acțiunea de modernizare a utilajului și de completare a personalului prin noi angajați, între care menționăm pe Mihail Holly (1937) și Scarlat Stoenescu (1938), după care au urmat : Gh. Atanasiu, Liviu Constantinescu, Alexandru Esca, Niculae Milea și Mihai Pascu. În anul 1941 a fost achiziționat un tetrapendul Sterneck-Askania, pe care Mircea Socolescu îl recepționează în Germania împreună cu trei noi variometre, un teodolit magnetic și un gravimetru etalonat la Potsdam. M. Socolescu, împreună cu Liviu Constantinescu, organizează Observatorul Geofizic de la Surlari, inaugurat în 1943. Sub îndrumarea lui Saba Ștefănescu, activitatea secției se diversifică prin executarea de măsurători absolute magnetice și gravimetrice regionale și asimilarea metodei geoelectrice sistem Turem. Astfel, perioada 1940—1948 marchează o intensificare și un progres în activitatea secției.

În anii 1948—1950, ca urmare a actului naționalizării din 11 iunie 1948, secția primește o dotare importantă de aparate și noi cadre de specialiști, Radu Botezatu, Ion Vencov, Dan Milcoveanu și Ion Leontescu, din fostele servicii geofizice ale societăților petroliere, cît și noi promoții de cercetători, dintre care se menționează : Ștefan Airinei, Ilie Costescu, Traian Cristescu, V. Eustațiade, M. N. Filipescu, V. Lăzărescu, Miron Popescu, Ion Popeea, Dorin Popovici, P. Șerban, P. Teodoru, V. A. Teodosiu, I. Vasiliu și R. Velcescu.

PRIVIRE GENERALĂ ASUPRA LUCRĂRILOR DE GEOFIZICĂ APLICATĂ EXECUTATE ÎN ROMÂNIA ÎNTRE ANII 1925—1950

Pentru perioada considerată, vom evoca — foarte sintetic — activitatea desfășurată în fiecare din domeniile geofizicii aplicate, atît la Institutul geologic cît și de alte organizații. Trebuie remarcat, de la început, că încă din primii 25 ani de prospecțiuni geofizice, s-a realizat un număr considerabil de lucrări.

PROSPECȚIUNEA MAGNETOMETRICĂ

După obiectivele urmărite, se disting două principale domenii de cercetări : prospecțiunea de detaliu, pentru minereuri feromagnetice și investigații regionale în platforme, pentru descifrarea structurii fundamentului care prezintă interes pentru perspectiva de hidrocarburi.

Lucrări magnetometrice pentru minereuri au fost executate exclusiv de Institutul geologic, de Gh. Russo și T. Bărbat pînă în 1935, și numai de acesta din urmă în continuare pînă în 1950, iar într-o măsură mai redusă de M. Socolescu, Stelian Dumitru, I. Costescu și Traian Cristescu.

În primii zece ani, pînă în 1938, s-a cercetat zona banatitică din Banatul de vest cu minereuri de oxizi de fier și sulfuri polimetalice. T. Bărbat a făcut și o prospectare geologică minieră.

În continuare, (1939—1940), T. Bărbat a cercetat magnetometric zona ofiolitică din Banatul de est, cu cromite și în parte cu sulfuri metalifere, în sectorul Plavișeviță — Eibental — Dubova, parțial împreună cu St. Dumitru, aplicînd și metoda potențialului electric natural. S-a remarcat un caz particular de efect magnetic produs de relief. Rezultatele sînt publicate la Institutul geologic.

În Munții Apuseni, la Moneasa — Vașcău, T. Bărbat împreună cu St. Dumitru au prospectat, în anii 1942—1943, magnetometric și electrometric, cuiburi de minereuri reziduale de fier, precum și zona de contact pirometasomatic a banatitelor din regiunea Vața — Prihodiște. În Pădurea Craiului, T. Bărbat prospectează magnetometric minereurile de bauxit, în paralel cu cercetarea geologică întreprinsă împreună cu A. Codarcea în anii 1947—1950.

În cristalinul Carpaților Meridionali, M. Socolescu și Șt. Dumitru, prospectează magnetometric, la Bouțari și Lunca Cernei, mineralizații de oxizi și carbonați de fier, studiind fiabilitatea metodei în acest scop. În aceeași zonă, prospectează T. Bărbat și Ilie Costescu la Topleț și Secul-Tincova (1946—1949) și împreună cu Scarlat Stoenescu și Șt. Dumitru la Rușchița, apoi cu Șt. Dumitru la Armeniș și Rusca. Menționăm de asemenea prospecțiunea executată de Tr. Cristescu la Teliuc-Ghelar.

În Carpații Orientali s-au investigat magnetometric zona Cîrlibaba (T. Bărbat) și Iacobeni-Runcu (M. Pascu și M. Schiopu) pentru minereuri de fier și mangan.

Din această enumerare de cercetări pentru minereuri cu susceptibilitate magnetică crescută, rezultă că s-a prospectat, în paralel cu cercetarea geologică, cea mai mare parte din ivirile cu minereuri de oxizi de fier, cunoscute la acea epocă, aducînd contribuții utile la întregirea documentării respective. Deși aceste cercetări, cărora Teodor Bărbat le-a consacrat 20 de ani de asidui investigații geofizice și geologice, nu puteau fi considerate ca exhaustive, totuși ele au condus la o evaluare aproape de realitate a perspectivei oferite de ivirile de minereuri de oxizi de fier și de metale asociate.

Investigațiile magnetometrice regionale au abordat cercetarea structurii fundamentului platformelor din fața Carpaților și a depresiunilor intramontane de pe teritoriul României. La aceste cercetări au contribuit atît lucrările executate de Institutul geologic, cît și ale Societăților petroliere particulare.

În anii 1937—1940, societățile Româno-Americană și Kontinentale au executat măsurători variometrice pe suprafețe mari în Oltenia, Muntenia și Banat, cu o acoperire medie de 1 stație/10 km², care a permis trasarea izogamelor anomaliei componentei verticale a cîmpului magnetic la echidistanța de 10 gama. Conturele acestor anomalii, reprezentate pe hărți la scară regională, au evidențiat structuri de relief și de compoziție a fundamentului cristalin, care prin posibilitatea de reflectare în cuvertura sedimentară, au servit la stabilirea ariilor interesante pentru aplicarea unor metode geofizice mai eficiente la conturarea structurilor geologice competente pentru hidrocarburi.

Institutul geologic și în parte laboratoarele de magnetism de la Universități au adus o contribuție importantă la cunoașterea unor anomalii magnetice regionale în platformele din fața Carpaților și din Bazinul Transilvaniei. Deși scopul urmărit era pur geofizic, măsurătorile de valori absolute ale elementelor magnetismului terestru făcute de N. Florescu, St. Procopiu și G. Atanasiu (1936) apoi de M. Socolescu, semnalează prezența unor anomalii regionale.

După 1940, M. Socolescu și D. Milcoveanu întreprind la Institutul geologic măsurători variometrice sistematice în sud-estul Olteniei, din care se desprinde anomalia magnetică remarcabilă de la Balș (D. Milcoveanu 1942), care se suprapune peste anomalia gravitației conturată anterior de Sc. Stoenescu. Deși aceste anomalii au surse geologice diferite, rezultatul interpretării a condus la conturarea unei ridicări regionale a fundamentului, care a generat structuri favorabile pentru zăcăminte de hidrocarburi în cuvertura sedimentară a platformei.

După 1943, valorile magnetice măsurate erau corectate cu variațiunile diurne continuu înregistrate la Observatorul magnetic de la Surlari, unde Liviu Constantinescu studia diversele variații ale cîmpului magnetic.

Este remarcabil faptul că din al patrulea deceniu observațiile magnetometrice la scară regională se execută simultan cu cele gravimetrice, ceea ce permite o coroborare mai strînsă între anomaliile conturate. Către finele deceniului IV și următorul, M. Socolescu, A. Esca, Radu Botezatu și Șt. Airinei acoperă suprafețe mari cu măsurători duble ale cîmpurilor potențiale în Transilvania, Moldova, Dobrogea și Muntenia, din care au rezultat premisele pentru dezvoltarea cercetărilor geofizice regionale și au dat posibilități noi de interpretare a structurii profunde a teritoriului României (I. Gavăt, Șt. Airinei, R. Botezatu, M. Socolescu, S. Stoenescu, I. Vencov, 1963).

PROSPECȚIUNEA GRAVIMETRICĂ

Primele prospecțiuni gravimetrice pe teritoriul României au fost făcute de Eötvös și elevii lui în Banat și Transilvania (1910—1914) și de Schwedar la Aricești (1917). În 1926, Astra Română începe prospecțiuni cu balanța de torsiune, dar cu operatori străini.

Primele prospecțiuni românești cu balanța de torsiune au fost executate de Institutul Geologic prin inginerii T. P. Ghițulescu și I. Gavăt. Inginerii Ion Vencov și Toma Pușcă au început să lucreze în echipele societății Astra Română din 1934. În intervalul 1926—1939 echipele

acestei societăți, lucrînd cu 4 balanțe Z40 Askania, au acoperit cu o rețea densă de profile o zonă lată de 20 km între Buzău și Tîrgoviște, pînă la marginea cîmpiei, cu un număr de peste 22 000 stații. Rezultatele erau centralizate și interpretate la Haga.

Lucrările Institutului geologic au avut un marcat caracter de studiu pentru fiabilitatea metodei. Primul obiectiv ales, la Florești, este un anticlinal diapir complet străpuns de un masiv de sare. Prospectarea urmărea un interes economic pentru stabilirea perspectivei petroliere, dar și un scop științific, ca o primă experiență cu metoda variometrică la studierea structurii diapire și a formei masivului de sare. Rezultatele publicate de I. Gavăt și T. P. Ghițulescu la Institutul geologic (1929) au demonstrat posibilitățile metodei în condițiile de la Florești. După stabilirea contururului masivului de sare și a formei lui în adîncime, dedusă de I. Gavăt pe baza contrastelor de masă între sare și terenurile străpunse, printr-o interpretare fizico-geologică judicioasă, s-a putut stabili în 1943 amplasamentul sondei care a descoperit un zăcămînt petrolifer în meoticul de pe flancul sudic, situat la circa 3 000 m adîncime.

În continuare, I. Gavăt a condus lucrările gravimetrice la Institutul geologic pînă în 1937. El a format colaboratori, ca tehnicieni operatori, pe Vasile Lăpușan 1929—1933, apoi pe Stelian Dumitru din 1934, precum și alți tineri ingineri de mine de atunci, pe Mihail Holly (1937—1939), și pe Scarlat Stoenescu care și-a continuat pînă în actualitate activitatea la Institutul geologic și la Institutul de geofizică aplicată. În primii zece ani (1928—1937), cercetările variometrice la Institutul geologic s-au extins în regiunea cutelor diapire dintre Buzău și Tîrgoviște și pe un dom gazeifer, la Sărmășel în Transilvania.

Începînd din anul 1936, cercetările au urmărit, pe profile izolate, cu caracter de recunoaștere, variația regională a gravitației pe Valea Buzăului, apoi în vestul Munteniei și în Oltenia și pe un profil în cîmpie pînă la Dunăre, între Titu și Giurgiu. În primii zece ani s-au executat 2 500 stații variometrice în zona diapirelor Ploiești-Tîrgoviște și la Sărmășel acoperind o suprafață de circa 650 km^2 și circa 1 000 stații duble dispuse în paralel pe profile regionale cu o lungime totală de 430 km. Rezultatele acestor studii au fost publicate la Institutul Geologic și prezentate în mod sintetic la cel de-al 2-lea Congres Internațional de Petrol din Paris (I. Gavăt, 1937). Din rezultatele activității de prospectare gravimetrică românească, obținute la Institutul geologic, remarcăm experiența realizată la interpretarea calitativă, fizico-geologică, a anomaliilor de gravitate în regiunea subcarpatică din Muntenia, în Oltenia și Transilvania, respectiv evaluarea contrastelor de densitate în structura cutelor diapire cu nucleu de sare din Muntenia și contrastelor de masă din domurile gazeifere din Transilvania. Remarcăm de asemenea descoperirea gradientului regional de gravitație și semnificația lui geologică în Subcarpații Munteniei și în Transilvania precum și primele demonstrații de separare a cîmpului regional pentru punerea în evidență a anomaliilor locale, operație necesară la evidențierea și conturarea structurilor de interes economic pentru hidrocarburi naturale (I. Gavăt, 1929—1946). Din aceste cercetări au rezultat noi premise pentru dezvoltarea prospecțiunii gravimetrice regionale prin introducerea gravimetrului în activitatea de prospecțiuni.

Gravimetrul și-a făcut apariția la noi în țară în 1936, cînd Astra Română începe măsurători cu gravimetrul Thyssen, operatori fiind I. Vencov și T. Pușcă. Pînă în 1939, operînd cu 4 aparate s-a acoperit cu o rețea de 1 stație/25 km^2 aproape toată Oltenia, Muntenia și sudul Moldovei. S-au executat o serie de profile în Moldova și Transilvania, iar în anii 1943—1946 lucrările s-au extins în Banat și Crișana, operîndu-se în același timp o legătură, peste Carpați, între aceste lucrări. Pînă în 1956 societatea Astra Română a realizat 12 800 stații gravimetrice. Societatea Româno-Americană începe măsurătorile cu gravimetrul Humble (1938) și apoi cu gravimetrul Carter, astfel încît pînă la finele anului 1941 cercetează în Muntenia și Oltenia aria deja acoperită de Astra Română. În 1942 echipamentul este predat societății Kontinentale care continuă pînă în anul 1946 prospectarea gravimetrică în Banat și în Crișana pînă la Satul Mare. Măsurătorile executate de aceste din urmă societăți, pînă în 1956, se ridică la aproximativ 1 0000 de stații gravimetrice.

Institutul geologic prin M. Socolescu și Scarlat Stoenescu a început măsurători cu gravimetrul Graf-Askania din anul 1942. Între 1946 și 1947, M. Socolescu și Al. Esca conturează anomalii pe 3 domuri gazeifere (Saroș, Bazna și Cetatea de Baltă). În 1948 Institutul geologic este dotat din import cu 3 gravimetre Noergaard, mai ușor transportabile în terenuri accidentate. M. Socolescu, Scarlat Stoenescu și F. Hosbein au prospectat masivul de sare de la Ocna Șugatag (Maramureș), iar la Ocna Mureșului împreună cu Al. Esca și St. Dumitru conturează masivul de sare în perimetrul de exploatare. În anul 1949 s-a început realizarea rețelei regionale de măsurători cu gravimetrul Noergaard în Transilvania și Moldova. Al. Esca a lucrat în regiunea Odorhei, Sovata, Praid, Valea Mureșului și Valea Tîrnavei, iar St. Dumitru în regiunea Fălticeni și Gura Humorului. Începînd din anul 1947 R. Botezatu prospectează cu gravimetru regiunea din nord-vestul Munteniei între Argeș și Olt.

După 1948, măsurătorile cu gravimetru au luat o mare dezvoltare la Institutul geologic, măsurîndu-se pînă în anul 1950, în cadrul Secției de prospecțiuni și geofizică aplicată, circa 4 500 de stații. În continuare, această activitate de prospectare devine considerabilă, astfel încît pînă în 1956 Comitetul geologic realizează aproximativ 136 000 stații de gravimetru, iar Ministerul Petrolului prin Întreprinderea de prospecțiuni geologice geofizice încă circa 31 500 stații gravimetru. Trebuie observat totuși că deși măsurătorile gravimetrice, cu gravimetru și variometru au acoperit aproape tot teritoriul țării exceptînd regiunea muntoasă — nu s-au putut realiza decît hărți regionale la scară mică, din cauza repartizării neuniforme a densității stațiilor. Corelările între date au putut fi realizate grație rețelei de măsurători absolute efectuată de M. Socolescu în perioada 1941—1947 cu tetrapendulul Askania etalonat de acesta la Potsdam. Aceste măsurători de valori absolute pe 50 stații au constituit prima rețea de ordinul I pe teritoriul țării, exceptînd Dobrogea, după care M. Socolescu și D. Bișir au calculat anomalii Bouguer, Faye și Izostatice și au întocmit hărțile respective publicate la o scară mică.

Pe acest fond de date, Institutul geologic a redactat hărți de anomalii Bouguer la scara 1/1 000 000 și o serie de foi la scara 1/100 000 pentru Muntenia și Oltenia. Sintezele geofizice au fost realizate de colectivele Comitetului Geologic prin grupul tematic condus de I. Vencov și de

Ministerul Petrolului, unde conducerea este încredințată lui I. Gavăt. După datele geofizice existente pînă în 1956, laboratorul Ministerului Petrolului a redactat primul Atlas de hărți geofizice pentru Muntenia și Oltenia la scara 1/100 000 și 1/500 000, reprezentînd și rezultatele cercetărilor magnetometrice, seismice și electrometrice, (I. Gavăt, A. Stănciulescu, 1956), utilizate ulterior pentru orientarea explorărilor în aceste ținuturi de perspectivă pentru hidrocarburi.

PROSPECȚIUNI SEISMICE

În anul 1929 s-a aplicat pentru prima dată seismica prin refracție de către Societatea Prospektion din Göttinngen, lucrînd pentru Societatea Steaua Română, în cîteva localități din Muntenia. Rezultatele n-au putut fi utilizate din cauza primitivității metodei.

Primele prospecțiuni seismice prin reflecție au fost executate de Compania Humble-Oil din S.U.A., lucrînd pentru societatea Română Americană în anii 1933—1934, în regiunea petroliferă Bucșani-Mizil, pe mai multe structuri izolate, cu înregistrări pe șase canale. În 1938 Compania Americană, Carter aplică procedeul corelației continue cu înregistrări pe șase canale, prospectînd în Muntenia centrală, iar în anii 1940—1941 în regiunea Craiova. În anii 1943—1944 se folosește procedeul SSC pe cîteva structuri în Banat și Crișana, iar în 1947 și 1948 se prospectează în Oltenia și Moldova prin același procedeu.

În anul 1934 societatea Astra Română își organizează un serviciu propriu de prospecțiuni seismice, utilizînd o stație cu patru canale, iar din 1936 folosește două stații cu înregistrări pe 8 canale. Astfel a putut cerceta o mare suprafață în Muntenia centrală, cu lucrări de recunoaștere și de detaliu. Lucrările sînt extinse în anii 1938—1939 pentru recunoaștere, pe 21 profile izolate, în Oltenia, Muntenia și Moldova, în general pentru a stabili secțiunile de viteză și posibilitățile detectării de structuri de perspectivă. Primii operatori români în lucrările de seismică sînt I. Vencov și Toma Pușcă, începînd cu anul 1938. Procedeul preferat este SSC, realizîndu-se 5350 SSC. Suprafața cercetată detaliat în regiunea petroliferă Ploiești a făcut obiectul primei lucrări de sinteză, ca Hartă structurală la două repere în pliocen, realizată de I. Vencov (1940).

Alte societăți petrolifere angajînd echipe străine, americane și franceze, au întreprins lucrări de prospecțiuni seismice prin reflecție între Valea Prahovei și Valea Dîmboviței, cît și în Oltenia, (Societatea Unirea, 1934—1936 prin Compania Seismograph Service Corporation din S.U.A.), cu înregistrări pe șase canale, precum și în regiunea Mizil-Pitești și în Depresiunea getică (Societatea Steaua Română, 1935—1938, prin Compania Schlumberger), cu SSC prin înregistrări pe șapte canale, lucrîndu-se pe profile izolate.

După naționalizare, în 1948, Institutul geologic preia echipamentele seismice și continuă lucrările începute în Crișana, Muntenia și Moldova de Nord. Se folosesc aparate vechi de șase și opt canale cu procedeul SSC, pe profile cu stații izolate.

Se constituie secția de seismometrie, sub conducerea inginerului I. Vencov, personalul fiind format din cadre provenind de la societățile

cu capital străin (Astra Română și Româno-Americană) — ing. Pavel Șerban și Ion Leontescu.

Personalul este completat prin noi cercetători inginerii Ion Vasiliu, Miron Popescu, Radu Velcescu și Alexandru Esca.

Astfel, s-a constituit primul grup de specialiști români în prospecțiunea seismică, în cadrul Institutului geologic și Comitetul geologic.

Printre lucrările executate de aceștia se menționează acelea din regiunea petroliferă : Ariceşti-Băicoi-Țintea (P. Șerban, I. Leontescu, I. Vasiliu) ; Suța Seacă-Topoloveni (P. Șerban, I. Leontescu, M. Popescu) ; Cîmpina (A. Esca, R. Velcescu, M. Popescu) ; din Depresiunea Panonică de la Sălard (P. Șerban, I. Leontescu) și Satu Mare (I. Leontescu și M. Popescu) ; din Moldova de la Hîrlău (I. Vencov), Dolhasca-Fălticeni-Găinești (P. Șerban, I. Leontescu), Valea Suha (I. Vasiliu) ; din Banat în Bazinul carbonifer Caransebeș (I. Vasiliu, R. Velcescu).

În 1949 și 1950 S.R.P. începe lucrările de seismică-reflexie folosind stații suedeze cu 24 canale, executate de către inginerii : Pandele Davidescu, Alexandru Stănciulescu, Radu Velcescu, mai întîi prin procedeul SSC (Tîrgoviște, Moldova de Nord și Transilvania), apoi prin corelație continuă (Tîrgoviște, Dragomirești, Derna).

Ca observație generală în perioada 1930—1950 se constată că lucrările seismice de prospectare nu au avut o distribuție uniformă și nici un caracter omogen. Lucrările de detaliu au fost efectuate numai în extinderea cîmpurilor petrolifere productive, situate în cea mai mare parte în Muntenia, iar cercetările regionale de recunoaștere, relativ puține, s-au executat în vestul Munteniei, Oltenia și Banat, foarte puține fiind făcute în Moldova și Transilvania. Totuși prospecțiunea seismică prin reflecție a jucat un rol de prim ordin în evidențierea de structuri petrolifere.

PROSPECȚIUNEA ELECTRICĂ

În acest domeniu, lucrările făcute pot fi clasificate după obiectivele urmărite, ca studii teoretice fundamentale, lucrări experimentale, prospecțiuni pentru minereuri metalifere, prospecțiuni pentru structuri geologice cu zăcăminte de hidrocarburi și lucrări de inginerie hidrogeologică.

Studiile teoretice pentru fundamentarea fizică-matematică a prospecțiunilor electrice se datoresc lui Sabba Ștefănescu și au început la Institutul geologic în 1927. Acestea vizau explicarea în termeni matematici a rezultatelor experimentale obținute în procedeul Schlumberger. Studiile au fost continuate de Sabba Ștefănescu la Paris, în cursul anului 1930, unde în calitate de consilier la Societatea de prospecțiuni electrice — procedee Schlumberger, reușește să elaboreze în mod riguros teoria sondajelor electrice verticale (SEV) pentru terenuri cuprinzînd un număr arbitrar de strate plan paralele. Această teorie este publicată în colaborare cu C. și M. Schlumberger în revista „Le Journal de Physique et le Radium" (1930). Lucrarea fundamentată pur matematic, a avut un răsunet excepțional în cercurile de specialitate, prin consecințele ei de ordin practic. deoarece permite abordarea interpretării SEV prin compararea curbelor experimentale de rezistivitate cu acelea precalculate. Colecții de asemenea curbe teoretice au apărut în Europa și America sub

formă de albume cu abace, iar publicația menționată mai sus a devenit referință clasică în manualele de specialitate.

Sabba Ștefănescu își continuă studiile sale la Institutul geologic cu referire la diverse probleme ale cîmpului electromagnetic continuu și alternativ, în medii stratificate, teoria planului conductor pentru emițătorul alternativ de lungime finită, asupra deformării cîmpului electromagnetic în subsol cu stratificație orizontală, măsurători de rezistivitate aparentă prin metoda spirei circulare, teoria planului conductor și stările electromagnetice transitorii, fundamentarea teoretică a prospecției electromagnetice prin curent alternativ de foarte joasă frecvență. Aceste studii, publicate la Institutul geologic și în reviste străine de specialitate, au constituit baza de cercetare pentru experimentele făcute de Secția de prospecțiuni geofizice și pentru cea mai mare parte din procedeele electrice în uz la acea dată.

După 1942, Sabba Ștefănescu fundamentează teoretic interpretarea anomaliilor electrice provocate de corpuri fără formă geometrică definită, ca pentru majoritatea corpurilor de minereuri și a pus bazele cîmpurilor electromagnetice staționare în medii „α" heterogene, medii în care conductivitatea variază în mod continuu de la un punct la altul. Această teorie, care permite recalcularea efectelor electrice ale unor structuri conductoare de mare complexitate, a făcut obiectul unor generalizări realizate de cercetători români și străini.

Prin lucrările teoretice elaborate de Sabba Ștefănescu pînă la 1950, Institutul geologic al României a adus o contribuție de prim ordin la progresul procedeelor de prospecțiune geoelectrică pe plan mondial.

Carotajul electric, inventat de C. și M. Schlumberger, perfecționat de Sabba Ștefănescu, a jucat un rol important, tehnic și economic, în forajul pentru petrol și gaze, aplicarea metodei devenind obligatorie în România prin regulamentul minier din anul 1935.

Procedeul de carotaj electric s-a dovedit precis și eficient în stabilirea limitelor litologice din seriile petrolifere ale pliocenului și la identificarea stratelor cu gaze, petrol, cărbuni sau apă. În plus, profilele de rezistivitate obținute din toate seriile neogene prin diagrafii electrice de sondă, au asigurat o precizie mai bună interpretării prospecțiunilor geoelectrice prin metoda rezistivității.

În secția de prospecțiuni geofizice de la Institutul geologic s-au făcut o serie de lucrări pentru experimentarea aplicării metodelor geoelectrice la prospectarea minereurilor, în parte amintite.

În 1944, Sabba Ștefănescu în colaborare cu T. Bărbat, Sc. Stoenescu și St. Dumitru au experimentat procedeul Turam la zăcăminte metalifere, prospectînd structura banatitică de la Săvîrșin, cu mineralizații de pirită cupriferă și molibden. Aceeași metodă este experimentată de Sabba Ștefănescu în 1948 la Altîn Tepe. După aceste experimente procedeul Turam a fost aplicat de F. Marinescu pentru prospectarea zăcămintelor de pirită cupriferă la Bălan, la Moldova Nouă, precum și la zăcămîntul de fier de la Ghelar.

Secția de prospecțiuni geofizice de la Institutul geologic a asimilat procedeul SEV în anul 1948. V. Eustațiade a executat prospecțiuni cu acest procedeu în bazinul Silvaniei, continuate de I. Popeea în 1949,

lucrînd într-o regiune cu geologie complicată, cu linii de emisie pînă la 3 km și cu stații neuniform distribuite din cauza terenului accidentat.

Investigații geotehnice prin măsurători de rezistivitate aparentă au fost executate de V. Eustațiade în 1950 în zona canalului Dunăre—Marea Neagră și în lucrări de fundație pentru instalații de centrale electrice. Sabba Ștefănescu în colaborare cu T. Bărbat, V. Eustațiade și Șt. Dumitru au făcut investigații geoelectrice pentru amplasamente de baraje în 1946.

Prospecțiunile electrice pentru hidrocarburi, prin descifrarea structurii geologice în terenuri sedimentare, au fost aplicate de organizații străine lucrînd pentru societățile petroliere. Societățile Astra Română, Colombia, Concordia au făcut apel în perioada 1930—1932 la procedeul Sundberg pentru a trasa axele cutelor anticlinale în zona petroliferă din Muntenia, dar în general explorarea nu a confirmat prevederile.

Societatea Steaua Română a făcut prospecțiuni prin Societatea Schlumberger, în perioada 1930—1939, care a aplicat procedeul rezistivimetric și SEV, cu linii de emisie pînă la 5 km, întocmind hărți izo-ohme la scara 1/200 000 pe o mare suprafață de teren între Pitești—Buzău și Bacău. Procedeul SEV a fost aplicat pe o rețea de sondaje electrice cu densitatea de un punct pe 2 km^2, în Muntenia și cu o densitate mai mare în Oltenia și Moldova de sud. Descifrarea structurilor anticlinale neogene s-a făcut grație contrastelor de rezistivitate dintre etajele pliocenului, în care ponțianul a constituit în mod constant un orizont de referință de minimă rezistivitate. Conturele de minim au fost în general verificate prin foraje cu reprezentînd anticlinale. În anii 1932—1934 aceeași societate de prospecțiuni a aplicat metoda Spirei în terenuri neogene din Muntenia pentru Steaua Română și Colombia.

CONCLUZII

Crearea Secției de prospecțiuni și geofizică aplicată a fost un act de necesitate și un act de prestigiu. Act de necesitate, deoarece crearea era impusă de problema esențială pentru România de atunci, de a-și asigura independența economică prin crearea bazei de materie primă minerală, suficientă pentru nevoile ei în perspectivă. Act de prestigiu, deoarece decurgea din tradiția Institutului geologic al României de a rămîne în fruntea sau în primele rînduri ale progresului în domeniul geologiei, iar aplicarea geofizicii în probleme de geologie a fost întrevăzută de la început ca un progres cu importante perspective pentru economia minerală și pentru științele Pămîntului.

Privite în perspectiva de o jumătate de secol, ținînd seama de scopurile propuse de la început și de împlinirea acestora, trebuie să observăm că începuturile geofizicii românești s-au extins pe 25 de ani, de la crearea Secției de prospecțiuni și geofizică aplicată în 1925 la formarea puternicelor organisme geofizice din 1950. Cel căruia i se datorește ideea, profesorul Ludovic Mrazec, a fost un partizan convins al rolului preponderent al Statului în viața economică, fapt care s-a putut împlini prin actul naționalizării din 1948.

Introducerea geofizicii aplicate la Institutul geologic al României se datorește profesorului Ludovic Mrazec și celor care i s-au alăturat din primul moment: D. Roman, T.P. Ghițulescu, I. Gavăt, M. Socolescu și Sabba Ștefănescu, în ordinea intrării lor în activitate dar la făurirea geofizicii românești, și-au adus contribuția mulți alții, printre care se găsește, la loc de frunte, prof. Gh. Mavovei, pentru sprijinul permanent dat geofizicii.

Dintre cei ce au adus o contribuție valoroasă la constituirea geofizicii aplicate în România în prima perioadă, trebuie citați, printre promotorii primei generații, Teodor Bărbat, Gheorghe Russo, Ion Vencov, Toma Pușcă, Gheorghe Atanasiu, Vasile Lăpușan și Stelian Dumitru.

Din a doua generație de pionieri menționăm pe Mihai Holly, Scarlat Stoenescu, Liviu Constantinescu, Radu Botezatu, Dan Milcoveanu, Ion Leontescu, Niculae Milea și Mihai Pascu.

În fine, din generația de cercetători care au intrat în geofizica aplicată în anii din urmă ai perioadei, dar nu au contribuit cu mai puțin, citâm pe Ștefan Airinei, Ilie Costescu, Traian Cristescu, P. Davidescu, A. Esca, V. Eustațiade, M. N. Filipescu, V. Lăzărescu, Ion Popeea, Miron Popescu, Dorin Popovici, P. Șerban, A. Stănciulescu, P. Teodoru, V.A. Teodosiu, R. Velcescu și I. Vasiliu.

Realizările geofizicii aplicate între anii 1925 și 1950, în diverse domenii sînt remarcabile, deoarece au cuprins un mare număr de probleme, pe teritorii întinse, iar informația adusă este bogată, deși inegal distribuită.

În domeniul prospectării zăcămintelor de petrol și gaze contribuția geofizicii aplicate a fost importantă. Cercetările de recunoaștere prin metodele gravimetrice, seismice, electrometrice și magnetometrice au extins în mod considerabil aria de perspectivă pentru aceste substanțe minerale, cuprinzînd vestul Munteniei, Oltenia, Cîmpia Română, Transilvania, Banatul și Crișana.

Cercetările de detaliu au adus servicii mari industriei de petrol, în particular electrometria prin carotajul electric și seismica plus gravimetria prin identificarea de cîmpuri productive în extindere. Desigur că se constată și lipsuri, datorite — în principal — dispersării forțelor și imposibilității coordonării acțiunilor. Astfel, prospecțiunea geofizică nu a putut atinge, pînă în 1950, stadiul de exploatare industrială, adică folosirea rațională a mijloacelor și forțelor existente, eșalonarea rațională a fazelor de cercetare (recunoaștere, detaliere, explorare), un schimb util de experiențe pentru valorificarea maximă a rezultatelor. Din aceleași motive și din cauza sistemului de lucru independent și confidențial, nu s-au putut realiza sinteze decît în puține cazuri (I. Gavăt, I. Vencov) atît de utile unei juste orientări a cercetării.

Investigațiile geofizicii pentru descifrarea structurilor geologice profunde au adus o contribuție importantă, prin măsurătorile magnetice și gravimetrice, absolute și relative, care au acoperit o mare parte din suprafața țării. Bogatul material primar, cu valoare informativă certă și hărțile întocmite în aceea perioadă au servit studiilor de sinteză, ce au apărut la începutul perioadei următoare, asupra zonelor de perspectivă și structurilor profunde pe teritoriul țării noastre.

Prospecțiunile geofizice pentru minereuri au fost sensibil mai reduse. Prospecțiunile magnetice au cercetat ivirile de minereu de fier și au dat o imagine veridică asupra potențialului de perspectivă. Prospecțiunile electrometrice au avut o utilizare mai redusă, atenția fiind concentrată asupra asimilării și perfecționării procedeelor.

Încercînd să caracterizăm activitatea geofizică românească la începuturile ei, facem următoarele considerații generale :

Nivelul teoretic și tehnologic al cercetărilor a fost similar cu cel atins pe plan mondial, cu unele mici decalări în timp.

Intensitatea de cercetare geofizică aplicată în România a fost relativ foarte mare, în ce privește densitatea de cercetare, diversitatea metodelor, comparativ cu alte țări din Europa și din alte continente.

Cercetarea teoretică a fost excepțională în domeniul electrometriei, prin studiile lui Sabba Ștefănescu, care a contribuit direct, pe plan mondial, la elaborarea și perfecționarea unora dintre procedee. Sabba Ștefănescu poate fi considerat coautor la metoda sondajelor electrice verticale, deoarece a reușit să elaboreze în mod riguros teoria respectivă, fundamentată pur matematic și a construit abacele pentru interpretarea cazurilor experimentale posibile, aflate în uz curent pretutindeni.

De asemenea el a pus baza teoriei cîmpurilor electromagnetice staționare în medii cu conductivitate variind continuu, ceea ce permite interpretarea anomaliilor electrice provocate de corpuri minerale cu forme neregulate și complexitatea obișnuită în natură.

Această contribuție originală trebuie subliniată în mod special, pentru că a adus un plus de prestigiu Institutului geologic și Secției de geofizică aplicată.

Grefarea geofizicii în forul cel mai proeminent al geologiei, Institutul geologic al României, a dat naștere unor colaborări intime între geologie și geofizică, simbioză de mare folos pentru ambele discipline. Din aceasta a decurs o activitate paralelă și relativ echilibrată între cercetarea fundamentală și aceea de interes economic, ceea ce credem că este caracterul cel mai remarcabil al geofizicii românești. Unii dintre cercetători s-au manifestat la nivel superior egal, atît în geologie cît și în geofizică (M. Socolescu, I. Gavăt).

În aceste condiții a putut lua naștere o școală românească de geofizică, aflată în embrion în perioada 1925—1950, dar care a creat primele cadre didactice ale învățămîntului organizat de geofizica aplicată (Sabba Ștefănescu, Liviu Constantinescu, Iulian Gavăt, Mircea Socolescu, Ion Vencov, Radu Botezatu și Șt. Airinei). Această școală se impune în prezent, atît prin nivelul superior al cercetărilor, cît și prin competența remarcabilă a cadrelor de specialiști formate în secțiile de geofizică aplicată de la institutele de învățămînt superior sau din universitățile din țară.

Începutul geofizicii românești la Institutul geologic al României, în anul 1925, a fost un act de entuziasm și de încredere în puterea de creație a poporului nostru, pe care evoluția timp de o jumătate de secol îl justifică cu prisosință.

Primit la redacție la 29 aprilie 1975

BIBLIOGRAFIE (Ref. 1925—1950)

AIRINEI ȘT. — D. S., 38, 1949/50, p. 145; D. S., 39, 1950/51.

ATANASIU S. G. — B. Soc. Șt. Cluj, VIII, 1937, p. 482; C.R. Ac. Sci. de Roum., v. I, nr. 5—6, 1937, p. 391; An. I. G. R., v. XXI, 1936; An. I. G. R., v. XXII, 1937; D.S., 38, 1949/50.

ATANASIU S. G., PASCU M. — Bul. Șt. Ac. RPR, S. Geol.—Geogr., t. 1, nr. 10, 1949.

BĂRBAT T. — D. S., 23, 1934/35; D. S., 24, 1935/36; C.R. Inst. Geol. Roum., t. XXX, 1941/42, p. 34; D. S., 33, 1944/45, p. 33; D. S., 33, 1944/45, p. 42; D. S., 30, 1941/42; C.R. Inst. Géol. Roum., t. XXX, 1941/42, p. 45; D. S., 35, 1946/47, p. 47; D. S., 35,1946/47, p. 189; D. S., 36, 1947/48; St. Teh. Ec., Seria D, 1950, p. 73.

BĂRBAT T. și RUSSO G. — Bul. Soc. Rom. Geol., III, 1937, p. 237.

BOTEZATU R. — D. S., 38, 1949/50.

BREUSSE J. J. — IIe Congrès mondial du Pétrole — Paris, 1937, I, 1, p. 717.

CALINICENCO N., VASILIU I., PROCOPIU ȘT. — Ac. Roum. Bull. Sect. Sci., vol. XVI, n° 1—3, 1933.

CECCATTY R. P.—La technique des ind. du pétrole, Sci. et Industrie; n° 271 bis, 1936/37, Paris.

CODARCEA AL. și BĂRBAT T. — D. S., 36, 1947/48.

CONSTANTINESCU L. — St. Teh. Ec., Seria D, nr 2, 1950, p. 13; Rev. „V. Adamachi" (Iași) t. 29, 1943, p. 329; D. S., 33, 1944/45; D. S., 38, 1949/50; Ac. RPR., Ses. șt. gen. VI/1950, Ed. Acad. R.P.R., Buc., 1951, p. 398.

COSTESCU I. — D. S., 38, 1949/50.

CRISTESCU TR. — D. S., 38, 1949/50.

ESCA AL. — D. S., 38, 1949/50.

ESCA AL., VELCESCU R., POPESCU M. — D. S., 39, 1950/51.

EUSTAȚIADE V. — D. S., 38, 1949/50; D. S., 39, 1950/51.

FLORESCU N., PROCOPIU ȘT. — Ac. Roum., Bull. Sect. Sci., XVIII, 1936/37, p. 177.

GAVĂT I., GHIȚULESCU T. P. — D. S., 17, 1928/29; St. Teh. Ec., vol. XV, f. 1, Buc., 1931.

GAVĂT I. — D. S., 18, 1929/30, p. 196; An. Min. Rom. XVI, nr. 2, p. 43, 1932; D. S., 19, 1930/31, p. 175; An. Inst. Geol. Rom., XVI, 1931, p. 683; D. S., 20, 1931/32, p. 38; D. S., 21, 1932/33, p. 17; D.S., 22, 1933/34; D. S., 23, 1934/35; IIe Congrès mondial du Pétrole — Paris, 1937, I, 1; Rev. AGIR — Petrol, III, 2, 3, 1949; St. Teh. Ec., XII, 1, Buc., 1928; Monit. Petrol. Roum., 232, 1938, p. 1—14.

GHIȚULESCU T.P. — IIe Congrès Int. de Forage, Paris, 1929 (An. Min. Rom., XIII, nr. 1, 1930, p. 3).

GHIȚULESCU T. P., SOCOLESCU M., RUSSO G., GEORGESCU M. — D. S., 17, 1928/29.

GHIȚULESCU T. P., SOCOLESCU M., GEORGESCU M., ȘTEFĂNESCU S., BRĂTESCU C. — D. S., 17, 1928/29.

GHIȚULESCU T. P., SOCOLESCU M., ȘTEFĂNESCU S. — An. Inst. Geol. Rom., vol. XVI, 1931, p. 669; C.R. des Séances — Inst. Geol. Rom., XX, 1931/32, p. 152.

GHIȚULESCU T. P., — I^ul Congr. Asoc. Ing. Dipl. Șc. Polit. București, 1932; An. Min. Rom., XVIII. 1935, nr, 2, p. 59.

LEONTESCU I., ȘERBAN P., POPESCU MIRON — D. S., 38, 1949/50.

LEONTESCU I., POPESCU MIRON — D. S., 39, 1950/51.

MACOVEI G. — An. Inst. Geol., t. 26, 1943, p. 186.

MARINESCU F. — D. S., 38, 1949/50.

MARINESCU M. — D. S., 39, 1950/51.

PASCU M., ȘCHIOPU M. — D. S., 36, 1947/48, p. 186.

POPEEA I. — D. S., 39, 1950/51.

POPOVICI DORIN — D. S., 38, 1949/50; D. S., 39, 1950/51.

PROCOPIU ȘT. — Bul. Șc. Politehnice, Iași, 1947, t. II, f. 2.

RUSSO G. — D. S., 18, 1929/30, p. 193

RUSSO G., BĂRBAT T. — C. R. Inst. Géol. Roum., XIX, 1930/31. p. 167; C. R. Inst. Géol. Roum. XX, 1931/32, p. 130; Bul. Soc. Rom. Geol., vol. III, 1937, p. 237.

SOEOLESCU M. — I^ul Congres al Asoc. Ing. Dipl. Șc. Polit. București, 1932; C. R. Inst. Géol. Roum., vol. XIX, 1930/31, p. 171; id. D. S. 19, p. 141; id. D. S. p. 167, C. R. Inst. Géol. Roum., XXI, 1932/33, p. 104; et C. Brătescu—D. S., 19, 1930/31; D. S., 20, 1931/32; C. R. Inst. Géol. Roum., XXVI, 1938/39, p. 42; D. S., 31, 1942/43, p. 9; St. Teh. Ec., (D), 2, p. 31, 1950; id. D. S., 31, 1943/44; D.S.., 34, 1945/46, p. 3; et Esca Al. — D. S., 36, 1947/48, p. 23; et Ghițulescu T. P. — — VIIe Congrès Int. des Mines Paris 1935, S. 1., p. 21, 1936; D. S., 36, 1947/48, p. 74; D. S., 36, 1947/48, p. 79; D. S., 36, 1947/48. p. 178.

ȘTEFĂNESCU S. SABBA — D. S., 16, 1927/28; Șt. Teh. Ec., t. XIV, f. 1,2; 1929; 1932; Acad. Rom., Bul. S. Sci, t. XI/4, 7, 8, 1929; D. S., 17, 1928/29; et Schlumberger — Journal de Physique, t. 1, nº 4, p. 132, Paris, 1930; St. Teh. Ec., XIV, f. 2, 1932; — et Schlumberger C. et M. — Et. Teh. Ec., t. XIV, f. II, 1932; — Beitr. z. angew. Geophysik, Bd. 4, H. 2, 1934, p. 165; Beitr. z. angew. Geophysik, B.5, H. 2, 1935, p. 182; Bull. Soc. Roum. Physique, t. 26, nº 63—64, 1935, p. 169; Beitr. z. angew. Geophysik, B. 6, H. 2, 1936, p. 168; Beitr. z. angew. Geophysik, B. IX, H. 3—4, 1942, p. 201; Rev. Geomineraria, nr. 1, f. 1, 1943, Milano; D. S., 31, 1942/43; D. S., 32, 1943/44; St. T. Ec., III, (D), nr. 1, p. 89; C. R. Acad-Roum., VIII, 1947, p. 52; St. T. E., (D), nr. 2, 1950, p. 51 et Bărbat T., Eustațiade V. — D. S., 35, 1946/47; D. S., 38, 1949/50; Bul. șt. Acad. RPR, S. Fiz.-Mat., V/1, 1953; Bul. Șt. Acad. R.P.R., S. Geol.-Geograf., II/1, 1957, p. 75.
STOENESCU Sc. — D. S., 38, 1949/50; St. T. Ec., (D), nr. 2, 1950, p. 32; 37.
TRÎMBIȚAȘU I. — D. S., 38,1949/50.
VASILIU I. — D. S., 37, 1948/49; D. S., 38, 1949/50; et Velcescu R. — D. S., 38, 1949/50.
VENCOV I. — D. S., 36, 1947/48.

Explicație: D.S. = Dări de seamă Inst. geol. Rom.
St. Teh.-Ec. = St. tehnico-economice, Inst. geol. Rom.

LES COMMENCEMENTS DES PROSPECTIONS GÉOPHYSIQUES EN ROUMANIE

(RÉSUMÉ)

Les auteurs, engagés dès le commencement dans cette activité, exposent en lignes générales les conditions dans lesquelles ont été crées, organisés et ont fonctionné les premiers noyaux roumains de Géophysique Appliquée, ainsi que l'activité et les résultats obtenus dans la première période de 1925 à 1950, caractérisée par la contribution de l'Institut Géologique de Roumanie et les travaux de quelques entreprises particulières.

L'idée de la création d'une section de prospections et de géophysique appliqué à l'Institut Géologique, en 1925, est due à son premier directeur Ludovic Mrazec, partisan convaincu du rôle prépondérent de l'Etat dans la vie économique du pays, ce qui n'a été réellement réalisé que plus tard, dans les conditions de la révolution socialiste, par l'acte de la Nationalisation.

L'incorporation de la Géophysique dans le plus important forum de la géologie, a donné naissance à une collaboration étroite entre leurs domaines ce qui a conduit à une activité équilibrée entre la recherche fondamentale et celle d'intérêt économique, ce qui est le trait caractéristique de la Géophysique Appliquée en Roumanie. Dans ces conditions a pris naissance une école roumaine de Géophysique qui a creé les premiers cadres d'enseignement organisé de Géophysique, Appliquée. Cette école s'impose actuellement par son niveau supérieur de recherches et par la compétence remarquable des spécialistes formés dans son cadre.

Ces commencements considérés dans la perspective d'un demisiècle, constituent, des actes d'enthousiasme et de confiance dans la puissance de création de notre peuple, pleinement justifiés par l'évolution de la Géophysique en Roumanie.

CONTRIBUȚII ALE GEOFIZICII GENERALE LA ACTIVITATEA DE PROSPECȚIUNE DIN ROMÂNIA *

LIVIU CONSTANTINESCU

Academia Republicii Socialiste România

MIRCEA SOCOLESCU

Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei

La sărbătorirea împlinirii unei jumătăți de secol de activitate organizată în domeniul prospecțiunilor geofizice românești, geofizica fundamentală este prezentă pentru a-și arăta contribuția la susținerea acestei activități. Nu vor fi menționate, în succinta dare de seamă care urmează, toate realizările cercetărilor fundamentale de geofizică din intervalul 1925—1975 ci numai acelea care se înscriu ca un aport, fie și indirect, în sprijinul prospecțiunilor geofizice.

Spre deosebire de situația din alte părți, unde lucrările de prospecțiune geofizică a subsolului au apărut și s-au dezvoltat în continuarea acelora de cercetare geofizică în general, beneficiind chiar de la început de cadrul organizat deja existent, de experiența și de dotarea acestora, la noi — unde geofizica generală nu a avut o unitate proprie de cercetare sistematică — prospecțiunile geofizice s-au afirmat, desigur cu un masiv sprijin oficial, prin ele însele. Mai mult chiar : în unele privințe ele au determinat, pentru satisfacerea unor necesități ale lor, dezvoltări în domeniul cercetărilor geofizice fundamentale, după cum le-au oferit și date de observație, obținute în cadrul activității lor cu obiective practice imediate dar susceptibile de valorificare în scopuri științifice de perspectivă mai largă și cu finalitate mai îndepărtată.

În schimb, dezvoltată pe această bază sau în continuarea unor cercetări sporadice anterioare, datorite adeseori unor inițiative personale, geofizica fundamentală a adus, la rîndul ei, în sprijinul prospecțiunilor geofizice, o contribuție care nu poate fi ignorată la o trecere în revistă, oricît de grăbită, a realizărilor lor. Această contribuție constituie obiectul expunerii pe care o prezentăm.

★

Principalele domenii ale geofizicii generale în care s-au desfășurat cercetări cu prelungiri importante și pe planul prospecțiunilor, avînd caracterul de activități de sprijinire a acestora, sînt gravimetria, geomagnetismul și seismologia. Unele cercetări de geoelectricitate (ca studiul unor particularități ale curenților telurici) sau de georadioactivitate (ca măsurători ale radioactivității apelor) nu au mers atît de departe, ca

---

* Lucrare prezentată în cadrul sesiunii organizată miercuri 26 februarie 1975 de către Academia R. S. România și Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înființarea Secției de prospecțiuni a Institutului geologic al României.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM. 13, P. 35—41, BUCUREȘTI, 1975

amploare şi ca finalitate, ca să poată fi considerate ca un autentic sprijin al prospecţiunilor electrice şi radiometrice. Pe de altă parte, cercetările geotermice fundamentale au lipsit cu totul, după cum, de altfel, şi prospecţiunile geotermice sînt abia la început. Ca atare ne vom limita, în expunerea noastră la prezentarea contribuţiei aduse, în sprijinul prospecţiunilor gravimetrice, magnetice şi seismice — dar, în unele cazuri, şi pentru celelalte tehnici de prospecţiune geofizică — de cercetările corespunzătoare ale geofizicii fundamentale.

În *gravimetrie*, măsurătorile cu pendulul şi determinările variaţiilor regionale ale gravităţii (Socolescu 1950) au fost concepute şi realizate avîndu-se în vedere obţinerea unor informaţii privind structura şi evoluţia subsolului adînc. S-a urmărit descifrarea unor elemente privind distribuţia zăcămintelor de substanţe minerale utile, în măsură să contribuie la clarificarea extinderii şi zonării lor. De asemenea s-a avut în vedere realizarea unei cunoaşteri mai avansate a distribuţiei cîmpului gravific, a formei geoidului, a geodinamicii şi a evoluţiei geologice a teritoriului român, acestea constituind reţeaua mare pentru încadrarea problemelor prospecţiunilor gravimetrice de detaliu. (Socolescu şi Bişir, 1956).

Pe reţeaua de staţii gravimetrice a ţării, completată cu date din reţele gravimetrice străine, a căror cunoaştere a fost accesibilă, a fost aplicată corecţia izostatică după metoda Airy-Heiskanen, obţinîndu-se harta izostatică a ţării (Socolescu şi Bişir, 1954). Utilizîndu-se metoda separării anomaliei regionale cu medii mobile, pe harta izostatică amintită, a fost întocmită harta izostatică regională pentru România, la început pentru sectorul Carpaţilor Orientali şi Basinul Transilvaniei (Socolescu şi al., 1963), apoi pentru toată ţara (Socolescu şi al., 1964).

Anomaliile izostatice fiind produse, într-o anumită măsură, şi de neomogenitatea densităţii formaţiunilor geologice din zona superioară a crustei terestre, au fost determinate anomaliile reziduale din datele prospecţiunilor gravimetrice, prin aplicarea unei corecţii geologice pe harta izostatică (Socolescu şi al., 1958). Anomaliile reziduale au fost calculate sub formă de grosimi de mase bazaltice, cu izolinii din mie în mie de metri, întocmindu-se harta cu anomalii reziduale a României.

Calculul echilibrului de plutire a maselor formînd crusta terestră deasupra stratului subcrustal de densitate mare a permis să se calculeze forma suprafeţei de la baza crustei, corespunzătoare discontinuităţii Mohorovičić. Forma acestei discontinuităţi furnizată de datele gravimetrice a fost comparată cu rezultate obţinute pe altă cale (Socolescu şi al., 1964).

Întrucît, în general, anomaliile gravimetrice întinse de pe teritoriul român sînt complicate şi se extind peste frontiere sau sînt în legătură cu anumite sisteme de anomalii mai extinse, în vederea interpretării mai avansate a geodinamicii teritoriului şi a structurilor adînci harta izostatică a fost completată cu date din ţările vecine. Hărţile Bouguer existente fiind calculate cu anumite densităţi de placă şi bazate pe formula Helmert corespunzătoare elipsoidului Krassovski a fost necesar să se facă recalculări şi trecerea la hărţi izostatice după formula Heiskanen.

Interpretarea anomaliilor reziduale (Socolescu şi al., 1958) a permis să se deducă prezenţa unei anizostazii importante sub Basinul Transilvaniei, atribuită existenţei unui strat bazaltic de mare grosime. Anizostazii

de dimensiuni mai mici s-au în evidență în Oltenia centrală și în partea de vest a Munților Apuseni.

Anomaliile izostatice regionale din Basinul Transilvaniei și Carpații Orientali apar oarecum simetrice față de o axă dirijată SV — NE, în zona centrală situîndu-se un maxim corespunzător anizostaziei amintite și unui maxim magnetic înconjurat de minime gravimetrice (Socolescu și al., 1963, 1964). Adîncimea mică a discontinuității Mohorovičić, anizostazia importantă și o anomalie magnetică pozitivă cu caracter regional sugerează apropierea de suprafață a stratului bazaltic și o grosime mică a stratului granitic. Pe această arie nu pot fi concepute orogene.

Carpații Orientali prezintă anomalii izostatice caracteristice, corespunzînd unei înrădăcinări a lor neextinsă sub Basinul Transilvaniei.

Pe baza datelor geofizice și geologice corelate cu geodinamica ansamblului Carpato-Balcano-Dinaric s-au pus în evidență anumite trăsături generale ale structurilor adînci (Ciocârdel și Socolescu, 1969). În acest context, formațiunile adînci din România aparțin mai multor unități mari. În partea de NE se extinde Platforma Rusă, la N de paralelul liniei Trotușului, iar la S de aceasta o prelungire a Platformei Scitice, extinsă pe la N de horstul dobrogean; în partea de S se delimitează Platforma Moesică, provenind — foarte probabil — din Gondwana arabică, iar în interiorul arcului carpatic se găsesc îngrămădite mezogeide sub forma de blocuri prinse între orogenele carpatice și fundamentul panonian.

Corelarea datelor gravimetrice și geologice cu datele seismice a dat posibilitatea să se aprecieze localizarea stratului de viteză redusă, structura orogenului Carpaților Orientali cu poziția solzilor crustali precum și extinderea lor în zona curburii Carpaților (Ciocârdel și Socolescu, 1971). Astfel s-a putut delimita orogenul lor pînă la linia Dîmboviței precum și relația lor cu Carpații Meridionali. S-a dedus, în felul acesta, caracterul rigid al blocului Carpaților Meridionali ca un orogen foarte vechi. Ei au fost comprimați axial în orogeneza alpină, transmițînd solicitarea din Carpații Orientali de sud în Carpații Banatului pînă cînd au suferit o rupere transversală în zona văii Oltului, corespunzînd fracturii Bihor—Olt—Etropole.

Au putut fi interpretate numeroase accidente principale, dintre care citățm: legătura dintre limita de sud a Platformei Ruse pe lîngă blocul Carpaților Meridionali și linia Banat—Skutari și în prelungire pînă în Africa de Nord (Ciocârdel și Socolescu, 1972); deplasarea către N a blocului Oltenia—Bulgaria de Vest între fracturile Kreistide și Etropole; caracterul de horst complex al Dobrogei; deformarea orogenului fosei geosinclinale a Mureșului; fractura de decroșare a Carpaților Orientali din zona Rarău.

În contextul numeroaselor accidente și deformări ale blocurilor geologice de fundament sau ale orogenelor pot fi deduse sau interpretate diferite elemente în legătură cu localizarea și distribuția acumulărilor de substanțe minerale utile sau a zăcămintelor. Sînt de amintit, în acest sens, liniile de localizare a zăcămintelor epigenetice din provincia metalogenetică Baia Mare (Socolescu, 1972), care se corelează cu fractura de decroșare a fundamentului dirijată E—V ce trece prin zona limitei de N a masivului Rodnei și dislocă poziția anomaliilor izostatice din Carpații Orientali.

Ca fracturi de reazim pe această linie principală sau paralele cu ea pot fi considerate anumite accidente de care sînt legate zăcămintele sau ivirile de mineralizaţii epigenetice din Baia Borşa, Masivul Rodnei şi Munţii Bistriţei. Prospecţiunile geofizice pot să fie, astfel, orientate după datele gravimetrice generale sau ale geodinamicii în scopul realizării unei eficienţe sporite. Probleme asemănătoare pot fi conturate în Munţii Apuseni, în Banat şi în Carpaţii Orientali.

Gravimetria generală şi geodinamica din Bazinul Transilvaniei pot furniza informaţii interesante şi în legătură cu tectonica sării, conducînd la distribuţia domurilor de sare şi, în oarecare măsură, la localizarea domurilor de gaze.

În legătură cu trăsăturile generale ale structurii subsolului adînc, relevate cu ajutorul cercetărilor gravimetrice, se poate interpreta distribuţia accidentelor geologice şi a formaţiunilor corespunzătoare, pe care să se zoneze şi să se prospecteze cu eficienţă sporită acumulările de hidrocarburi.

Pînă în prezent au putut fi abordate numai un număr restrîns de probleme la care datele gravimetriei generale pot contribui în mod eficient. Datele gravimetriei generale obţinute pînă la ora actuală reprezintă însă un fond valoros, în măsură să contribuie la clarificarea numeroaselor probleme privind distribuţia substanţelor minerale utile în subsol. Această contribuţie trebuie, evident, integrată într-un cadru larg ca acela al geodinamicii, împreună cu informaţiile altor metode geofizice şi ale geologiei.

Pentru aprecierea naturii contribuţiilor *geomagnetismului* la susţinerea prospecţiunilor magnetice, este elocvent următorul pasaj dintr-o prezentare făcută în 1943, de către unul din autorii articolului de faţă, a Observatorului geofizic Surlari : „Din momentul în care în Institutul geologic al României a luat fiinţă o secţiune de prospecţiuni geofizice, care a început a face cercetări sistematice pentru cunoaşterea subsolului, s-a simţit mai mult lipsa unei staţiuni de bază pentru măsurătorile de această natură — lipsă constatată încă de mai înainte de cercetători izolaţi. Determinarea valorilor fundamentale ale mărimilor folosite în prospecţiuni, urmărirea variaţiilor în timp ale acelora dintre ele care prezintă astfel de variaţiuni ca şi punerea la punct a aparatelor folosite pe teren nu se puteau face, cu preciziunea cerută în egală măsură de ultimele progrese ale teoriei şi de necesităţile practice, decît într-o staţiune special afectată acestor operaţiuni şi corespunzîndu-le din toate punctele de vedere. Staţiunea aceasta o avem azi : „Observatorul geofizic Surlari — Căldăruşani".

Ceea ce apărea în 1943 ca reprezentînd deziderate cu perspective de concretizare a devenit, în decursul timpului, realitate. Observatorul geofizic de la Surlari — geofizic fiindcă chiar de la începutul activităţii sale a asigurat nu numai efectuarea determinărilor absolute geomagnetice şi a înregistrărilor variaţiilor cîmpului geomagnetic ci a oferit şi gravimetriei facilităţile necesare staţiunii de referinţă a valorilor absolute ale gravităţii şi punerii la punct a gravimetrelor — a devenit principalul nucleu al cercetărilor geomagnetice din România. Pe baza înregistrărilor continue ale variaţiilor calme şi ale perturbaţiilor geomagnetice s-au efectuat nu numai studii privind caracterizarea agitaţiei geomagnetice

(Constantinescu, 1950a) și unele particularități ale evoluției în timp a cîmpului geomagnetic — ca începuturile bruște de furtuni magnetice (Constantinescu, 1950b) sau golfurile geomagnetice (Constantinescu și Soare, 1963) — ci s-au pus și la dispoziția prospecțiunilor magnetice valorile necesare reducerii de variație diurnă a datelor de teren.

Determinări de valori absolute ale elementelor geomagnetice într-o rețea largă de stațiuni de repetare, extinsă la întregul teritoriu al țării, au condus în paralel la valorile distribuției normale a elementelor cîmpului respectiv (Constantinescu, 1958) și la informații cantitative asupra variațiilor seculare ale lor (Constantinescu și Șteflea, 1961). Pentru prospecțiunile magnetice aceste rezultate au însemnat, pe de o parte, posibilitatea efectuării reducerilor de variație normală cu latitudinea și cu longitudinea a datelor referitoare la arii mai extinse și, pe de alta, asigurarea condițiilor de reducere la o aceeași epocă a determinărilor efectuate într-un interval lung de timp.

În cazul *seismologiei*, contribuția cercetărilor fundamentale la susținerea prospecțiunilor seismice se prezintă sub aspecte mai puțin directe dar pentru aceasta nu mai puțin reale. În afara cadrului de fundamentare teoretică, oarecum internațional dar și cu unele aporturi locale, cercetările seismologice au adus, pe baza studiului propagării undelor elastice provocate de cutremure, prime informații cu privire la grosimea crustei terestre pentru teritoriul român (Demetrescu și Petrescu, 1954; Demetrescu, 1958), stabilind valori mai mari ale ei pentru zona muntoasă, în acord calitativ cu prevederile concepțiilor izostatice și cu estimările gravimetrice corespunzătoare (Constantinescu și al., 1967). Aceste rezultate ale seismologiei cutremurelor — expresia nu este tautologică, sau cel puțin nu mai este considerată ca atare, fiind opusă aceleia de seismologie a exploziilor sau seismologie cu sursa controlată — au fost confirmate ulterior de tehnicile sondajelor seismice adînci, domeniu intermediar între seismologie și prospecțiunile seismice (Enescu și al., 1967).

Contribuții în domeniile generării undelor seismice, propagării lor, efectelor lor, zonări seismice etc. se înscriu, de asemenea, la activul cercetărilor fundamentale seismologice sau conexe cu implicații mai mult sau mai puțin imediate pentru prospecțiunile seismice.

Prezentarea care precedă este desigur sumară. Ea scoate, totuși, în evidență principalele contribuții ale geofizicii generale din cele trei domenii mai importante trecute în revistă care se manifestă evident sub aspectul de acțiuni de sprijin pentru tehnicile corespunzătoare ale prospecțiunii geofizice a subsolului. Putînd servi, în orice caz, drept cadru general pentru o viitoare prezentare amănunțită a acestor contribuții, darea de seamă se oprește pentru moment aici.

★

S-ar putea încheia această rapidă trecere în revistă subliniind rolul contribuției aduse de geofizica generală la activitatea de prospecțiune geofizică din România. Desigur modest ca amploare, acest rol este important prin semnificația lui în cele două funcțiuni prin care se manifestă: aceea de orientare a prospecțiunilor geofizice prin indicarea zonelor de perspectivă, pe de o parte, și aceea de fundamentare a lor prin asigurarea

cadrului conceptual, metrologic şi de tratare şi interpretare a datelor de observaţie, pe de alta.

Dacă ar fi să căutăm o imagine intuitivă pentru ilustrarea acestui rol, ne-am putea gîndi la imaginea sugerată de răspunsul dat de Bernard Shaw admiratorului fără rezerve care îi vorbea în termeni superlativi despre statura lui de dramaturg. „Este adevărat, i-a spus Shaw, că eu par mare. Nu uita, însă, că eu sînt cocoţat pe umerii lui Shakespeare". Schimbînd ce-i de schimbat, ajungem la poziţia prospecţiunilor geofizice faţă de cercetările fundamentale pe care ele se sprijină.

Primit la redacţie la 29 aprilie 1975

BIBLIOGRAFIE

CIOCÂRDEL, R., SOCOLESCU, M. (1969), *L'évolution de l'écorce terrestre en Roumanie.* Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série géophys., *13*, 3 — 38.

CIOCÂRDEL, R., SOCOLESCU, M. (1971), *La structure crustale et subcrustale de la partie sud des Carpates Orientales.* Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série géophys., *15*, 35—78.

CIOCÂRDEL, R., SOCOLESCU, M. (1972), *Aspects of the Carpathian-Balkanic-Dinaric and Central Méditerranean Areas Geodynamics.* Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série géophys., *16*, 179—192.

CONSTANTINESCU, LIVIU (1950a), *Contributions à la caractérisation numérique de l'agitation géomagnétique en* 1944, Etudes de Géophys. Pure et Appl., Com. Geol., Studii tehn. şi econ., Seria D, nr. 2, p. 11—29.

CONSTANTINESCU, LIVIU (1950b), *Începuturi brusce de furtuni magnetice între anii 1944—1949.* Lucrările sesiunii generale ştiinţifice a Academiei R.P.R. din iunie 1950, p. 398—412.

CONSTANTINESCU, LIVIU (1958), *Comparabilité des valeurs normales des éléments géomagnétiques fournies pour le bassin carpatique par les formules hongroises et roumaines.* Geofizikai Közlemények, *7*, 181—194.

CONSTANTINESCU, LIVIU, ŞTEFLEA, VLADIMIR (1961), *Variaţia seculară a cîmpului geomagnetic pe teritoriul R.P.R. în intervalul 1954—1959 pe baza înregistrărilor de la Observatorul geofizic Surlari.* Probl. Geofiz., vol. I, p. 249—258.

CONSTANTINESCU, LIVIU, SOARE, ANDREI (1963), *Caracteristici ale distribuţiei şi propagării perturbaţiilor geomagnetice în formă de golf.* St. cerc. geol., geofiz., geogr., Seria geofiz. *1*, 297—311.

CONSTANTINESCU, LIVIU, ENESCU, D., IANAS, M. (1967), *Integrarea informaţiilor seismologice şi gravimetrice pentru studiul structurii scoarţei terestre în România.* St. cerc. geol., geofiz., geogr., Seria geofiz., *5*, 173—183.

DEMETRESCU, G. (1958), *Essai sur la détermination des épaisseurs des couches de la croûte terrestre.*, Stud. Geophys. Geod., *2*, 293—295.

DEMETRESCU, G., PETRESCU, G. (1954), *Prima evaluare a adîncimii stratului intermediar sub solul Munteniei şi Moldovei*, An. Univ. Polit. Buc., nr. 4—5, 161—168.

ENESCU, D., CORNEA, I., CONSTANTINESCU, P. (1967), *Primele încercări de evaluare a grosimii scoarţei terestre în România prin sondaje seismice punctuale. Consideraţii asupra structurii mantalei superioare.* St. cerc. geol., geofiz., geogr., Seria geofiz., *5*, 185 — 197.

SOCOLESCU, MIRCEA (1950), *Mesures gravimétriques au pendule.* Etudes de Géophys. Pure et Appl., Com. Geol., Studii tehn şi econ., Seria D, nr. 2, p. 31—35.

SOCOLESCU, MIRCEA (1972), *Phénomènes métallogéniques dans la province de Baia Mare.* 2nd Internat. Symp. Min. Dep. Alps, Ljubljana, p. 287—299.

SOCOLESCU, M., BISIR, D., POPOVICI, D., VISARION, M. (1954), *Corecţii izostatice în R.P.R.*, St. cerc. fiz., *5*, 91—94.

SOCOLESCU, M., BISIR, D. (1956), *Calculul reţelei staţiilor de pendul din R.P.R.* St. cerc. fiz., *7*, 505—518.

SOCOLESCU, M., BISIR, D., GEORGESCU, M., POPOVICI, D., VISARION, M., *Determinarea anomaliilor reziduale din datele măsurătorilor gravimetrice.* St. Cerc. fiz., *9*, 115—126.

SOCOLESCU, M., POPOVICI, D., VISARION, M. (1963), *Suprafața Mohorovičić în Carpații Orientali și Bazinul Transilvaniei rezultată din date gravimetrice*. St. cerc. geofiz., *1*, 35—49.
SOCOLESCU, M., POPOVICI, D., VISARION, M., ROSCA, V. (1964), *Structure of the Earth's Crust in Romania as Based on the Gravimetric Data*. Rev. roum. géol., géophys., géogr., Série géophys., *8*, 4—11.

CONTRIBUTION OF THE EARTH'S PHYSICS TO THE PROSPECTING ACTIVITY IN ROMANIA

(ABSTRACT)

On the occasion of the fiftieth anniversary of the organized prospecting activity in Romania, a review is given of the contribution to this activity of fundamental geophysical research. The main results obtained in the fields of gravity, geomagnetism and seismology are briefly mentioned in their role of supporting geophysical prospecting in Romania.

24 DE ANI DE ACTIVITATE GEOFIZICĂ LA ÎNTREPRINDEREA GEOLOGICĂ DE PROSPECȚIUNI PENTRU SUBSTANȚE MINERALE SOLIDE *

DE

TR. CRISTESCU, FL. NEACȘU, T. PĂSAT, I. POPEA, D. POPOVICI, GR. SCURTU, M. SUCEAVA, VL. TEODORESCU, C. ZVÎNCĂ

Întreprinderea geologică de prospecțiuni pentru substanțe minerale solide, București, str. Caransebeș nr. 1

Înființarea, în anul 1951, a Întreprinderii de prospecțiuni și laboratoare în cadrul Comitetului geologic a constituit o importantă măsură pe linia organizării pe baze noi a cercetărilor geologice din România în scopul creșterii și diversificării bazei de materii prime minerale necesare economiei naționale. Întreprindere cu caracter complex, ea a evoluat de-a lungul celor 24 de ani de existență în pas cu progresul și cerințele economiei naționale devenind în cele din urmă Întreprinderea geologică de prospecțiuni pentru substanțe minerale solide — I.G.P.S.M.S. — în cadrul Ministerului Minelor, Petrolului și Geologiei.

Prospecțiunea geofizică reprezentînd un instrument prețios în activitatea de intensificare a lucrărilor geologice, orientată atît spre obiective care oferă condiții de punere în valoare în termene scurte, cît și spre asigurarea unei perspective mai îndelungate, s-a bucurat de o apreciere deosebită din partea organelor de partid și de stat, manifestată în directivele ultimilor congrese ale Partidului Comunist Român, în prevederile planurilor cincinale de dezvoltare economico-socială a Republicii Socialiste România. Ca urmare, activitatea geofizică a cunoscut și în cadrul întreprinderii un sprijin constant atît în formarea de specialiști de înaltă calificare cît și în planificarea unor fonduri importante urmărind dotarea cu aparatură modernă și în general creearea tuturor condițiilor necesare atingerii unui grad avansat de dezvoltare.

În general, orientarea dată în domeniul geofizicii a urmărit să asigure, în toate etapele, rezolvarea marilor probleme geologice de actualitate. Pentru atingerea acestui scop a fost necesară o permanentă preocupare pentru adaptarea și diversificarea metodelor de prospectare geofizică în funcție de obiectivele geologice concrete; s-a urmărit creșterea adîncimii de investigație pentru evidențierea corpurilor geologice profunde, asigurarea unei precizii ridicate în scopul evidențierii efectelor cauzate de contraste mici de parametri fizici, introducerea metodelor de evidențiere a mineralizațiilor cu conținut metalic redus, suprapunerea

* Lucrare prezentată în cadrul sesiunii organizată miercuri 26 februarie 1975 de către Academia R. S. România și Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înființarea Secției de prospecțiuni a Institutului geologic al României.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM. 13, P. 43–51, BUCUREȘTI, 1975

diferitelor procedee de investigaţie geofizică în vederea interpretării complexe a rezultatelor etc.

Continuînd bunele tradiţii ale Institutului geologic şi beneficiind de îndrumarea nemijlocită a unor eminenţi geofizicieni români ca acad. prof. Sabba Ştefănescu, prof. Liviu Constantinescu, prof. Radu Botezatu, activitatea de producţie s-a împletit de-a lungul anilor cu o intensă activitate ştiinţifică îndreptată spre descoperirea căilor celor mai eficiente de prospectare geofizică. Rezultatele acesteia s-au făcut simţite atît printr-o îmbunătăţire continuă a calităţii rapoartelor de prospecţiune cît şi prin numeroasele participări ale specialiştilor întreprinderii la manifestări ştiinţifice de prestigiu din ţară şi de peste hotare. De fapt, trebuie amintit că însăşi Institutul de geofizică aplicată a fost înfiinţat cu specialişti pregătiţi în cadrul întreprinderii noastre.

Volumul lucrărilor de prospecţiuni geofizice realizat de I.G.P.S.M.S. a crescut an de an. Circa 35% din volumul de lucrări al întreprinderii este realizat astăzi prin activitatea geofizică. Anul acesta un număr de 41 echipe de teren lucrează în toate regiunile ţării. Se definitivează anual peste 30 de rapoarte asupra prospecţiunilor geofizice, ce se referă, practic, la toate unităţile geologice ale ţării. Prestigiul de care se bucură activitatea geofizică face ca anual să se primească zeci de solicitări pentru lucrări geofizice din partea I.P.E.G.-urilor din ţară. În ultimii ani specialişti ai colectivelor de geofizică au fost solicitaţi să-şi desfăşoare activitatea şi în afara graniţelor ţării şi în prezent lucrează în unele ţări din Africa şi Asia.

Enumerarea tuturor rezultatelor obţinute prin prospecţiuni geofizice în cei aproape 25 de ani de activitate ai întreprinderii ar depăşi cu mult cadrul limitat al acestui articol. Ne vom rezuma, în cele ce urmează, de a prezenta numai unele exemple din activitatea depusă prin metodele de prospecţiune geofizică utilizate în mod curent : seismometrică, gravimetrică, magnetometrică, radiometrică şi electrometrică.

PROSPECŢIUNI SEISMOMETRICE

Activitatea de prospecţiune seismometrică s-a desfăşurat de la înfiinţarea întreprinderii pînă la finele anului 1972 cînd conform hotărîrii organelor superioare de stat privind profilul de activitate al întreprinderilor de prospecţiuni, a fost transferată I.P.G.H.-lui şi I.G.G.-ului.

În perioada celor 22 de ani, prospecţiunea seismometrică s-a axat în principal, pe cercetarea cuverturilor sedimentare pentru evidenţierea structurilor favorabile acumulărilor de hidrocarburi. În desfăşurarea acesteia, se pot deosebi trei etape, în funcţie de dotarea tehnică : etapa 1951—1967 în care aparatura folosită a fost cu înregistrare oscilografică ; etapa 1967—1970 în care s-a utilizat şi aparatură cu înregistrare magnetică — analogică ; etapa 1970—1972 în care s-a folosit şi aparatură digitală, cu prelucrare în calculator.

S-au executat lucrări seismice prin metodele reflecţiei şi refracţiei, în cuprinsul diferitelor unităţi geologice majore ale ţării, realizîndu-se, pe zone, un grad de cercetare de semidetaliu şi parţial de detaliu care a permis obţinerea următoarelor rezultate mai importante.

În platforma moesică au fost puse în evidenţă structuri în zonele Buftea—Urziceni, Tinosu—Brazi, Balta Albă—Ghergheasa Băile, Vernești etc.

În zona promontoriului nord dobrogean și în avanfosa Carpaţilor Orientali au fost puse în evidenţă structuri și elemente structurale în zonele Focșani, Suraia, Umbrărești și Matca.

În depresiunea Transilvaniei s-a obţinut informaţii asupra unor structuri ca : Nadeș, Saroș, Cristur, Cenade, Noul Săsesc, Dumbrăveni, Corunca, Miercurea Nirajului, Bălăușeri, Copand, Ocna Mureș etc.

În depresiunea pannonică, la nord de Crișul Repede, lucrările seismometrice desfășurate de-a lungul mai multor ani, au evidenţiat structuri ca : Borș, Abrămuţ, Otomani, Pișcolţ, Moftinul Mic, Madaraș, Lazuri, Nisipeni, Mecenţiu, Berveni, Supuru de Jos, Supuru de Sus etc.

În anii 1971—1972, cu aparatură numerică, s-a executat profilul regional Adjud—Călărași, punîndu-se în evidenţă un mare număr de elemente structurale în sedimentarul terţiar-paleozoic.

În afara cercetărilor întreprinse pentru hidrocarburi, în cadrul secţiei de seismometrie a existat o preocupare permanentă pentru extinderea aplicării acestei metode și la alte obiective. Astfel, din anul 1964 s-au întreprins cercetări pentru obiective hidroenergetice, în zonele Lotru, Vidra, valea Oltului, Islaz—Cioara, Hîrșova, Capul Midia etc., urmărindu-se stabilirea condiţiilor de amplasare a construcţiilor sau conturarea unor rezerve de balast. În anii 1971—1972, s-au efectuat cercetări pentru cărbuni, în bazinul Haţegului. De asemenea, s-au executat cercetări seismometrice în zone de interes pentru mineralizaţii metalifere la Palazul Mare, Brad și Lugoj.

Rezultatele obţinute cu ajutorul prospecţiunii seismometrice au contribuit la creșterea rezervelor de materii prime necesare economiei naţionale, în deosebi de hidrocarburi.

PROSPECŢIUNI GRAVIMETRICE

Activitatea de prospecţiuni gravimetrice a prezentat o evoluţie continuă ridicînd permanent calitatea măsurătorilor și gradul de prelucrare fizico-matematică a datelor primare, trecînd de la interpretarea calitativă la cea cantitativă. În acest fel și-a lărgit mereu domeniul de aplicabilitate și a putut aborda probleme geologice cu grad de dificultate din ce în ce mai mare.

Această evoluţie a fost posibilă atît datorită dotării cu gravimetre cu sensibilitate și precizie tot mai ridicate, cît și ca urmare a preocupării permanente care a existat în cadrul colectivului respectiv de a-și însuși și a aplica în practică ultimele realizări pe plan mondial din domeniul prelucrării materialului gravimetric primar și al interpretării geologice a datelor gravimetrice. În general se poate spune că rezultatele prospecţiunilor gravimetrice, executate pînă în prezent, au adus o contribuţie importantă la cunoașterea structurii geologice a subsolului, atît în ceea ce privește aspectul regional al problemei, cît și în definirea multor caracteristici structurale cu caracter local. În felul acesta a fost posibil să se localizeze zăcăminte de sare și săruri de potasiu și magneziu și să se defi-

neascâ sectoare de perspectivă pentru hidrocarburi, minereuri neferoase, minereuri auro-argentifere, minereuri de fier, baritină.

În cadrul activităţii gravimetrice din întreprinderea noastră se pot separa mai multe etape, limitate prin momente ce marchează salturi în evoluţia problematicii şi metodicii de lucru.

Iniţial, prospecţiunile gravimetrice s-au executat aproape exclusiv în terenuri sedimentare, pentru conturarea unor acumulări de sare şi pentru evidenţierea de zone de perspectivă pentru hidrocarburi. Contribuţia esenţială a prospecţiunii gravimetrice în această etapă a constat în inventarierea masivelor de sare din ţara noastră, obţinîndu-se informaţii asupra unui număr de peste 180 de astfel de masive. Un aport deosebit a adus şi interpretarea datelor gravimetrice la scară regională, care a furnizat informaţii preţioase cu privire la structura diferitelor unităţi geologice şi a permis localizarea zonelor de perspectivă pentru diferite acumulări de substanţe minerale utile.

Incepînd din anul 1956, prospecţiunea gravimetrică începe să fie aplicată şi în terenuri eruptive pentru localizarea unor corpuri ascunse observaţiei directe de care pot fi legate mineralizaţii de sulfuri polimetalice sau de minereuri auro-argentifere. Această extindere a domeniului de aplicare al prospecţiunii gravimetrice a avut loc iniţial experimental în sectoare restrînse din munţii Gurghiu şi Metaliferi şi apoi, în urma bunelor rezultate obţinute s-a trecut la cartarea gravimetrică sistematică a lanţului vulcanic Călimani—Gurghiu—Harghita, a Munţilor Apuseni şi a zonei eruptivului Băii Mari. În fiecare din unităţile amintite s-au ridicat probleme specifice de interpretare geologică a rezultatelor prospecţiunii gravimetrice. Rezolvarea lor — confirmată prin forajele executate — a condus la stabilirea unor premize interpretative cu grad de generalizare mai mare, permiţînd chiar o clasificare a anomaliilor gravimetrice din zonele noastre magmatice, în funcţie de natura petrografică a corpurilor ce le generează şi de raporturile structurale pe care acestea le realizează cu formaţiunile geologice în care s-au pus în loc.

Din anul 1968, încep să fie executate prospecţiuni gravimetrice de mare detaliu şi microgravimetrice, avînd drept scop punerea în evidenţă a unor contraste de masă mici existente în subsol. Primele lucrări sînt realizate în sectorul Cavnic — Roata şi au permis localizarea unor zone de alteraţie hidrotermală — în special zonele de caolinizare — de care sînt legate mineralizaţii auro-argentifere. Introducerea acestui nou tip de prospecţiune gravimetrică a impus punerea la punct a unei metodologii de lucru specifice, atît în ceea ce priveşte executarea măsurătorilor de teren şi a reducerilor de relief, cît şi în ceea ce priveşte prelucrarea datelor primare şi interpretarea geologică a rezultatelor. Ulterior lucrările au fost extinse în întreaga zonă Baia Mare iar apoi au fost programate şi executate astfel de lucrări pentru sulfuri complexe în Munţii Metaliferi, munţii Bihorului şi zona Sasca Montana, pentru fier în zona Iulia şi pentru baritină în Carpaţii Orientali şi zona Tulcea. În prezent acest tip de prospecţiune gravimetrică, elaborată şi dezvoltată în cadrul întreprinderii noastre, a condus la rezultate valoroase pentru prospectarea zăcămintelor metalifere şi are perspective de a putea fi extinsă şi la alte tipuri de zăcăminte.

Dintre rezultatele mai importante sub aspect economic, obținute prin prospecțiunile gravimetrice executate în cadrul întreprinderii menționăm : localizarea acumulărilor de sare și săruri de potasiu și magneziu de la Bălțătești — Almașu, Tazlăul Mare, Cucuieți — Mihoc, Gălean ; conturarea unor zone de perspectivă pentru hidrocarburi în depresiunea pannonică ; localizarea unor apofize banatitice de care pot fi legate mineralizații în zonele Băița Bihor și Sasca Montana ; evidențierea unor zone de alterație hidrotermală cu perspective de sulfuri complexe în zona Săcărîmb—Brad și în sfîrșit, fixarea unor zone de perspectivă pentru minereuri auro-argentifere între Baia Sprie și Șuior.

Pe lîngă activitatea de prospecțiune trebuie subliniată contribuția adusă pe plan național, prin măsurarea, în perioada 1957—1958, a rețelei gravimetrice de ordinul I a țării precum și prin efectuarea ulterioară a unor măsurători necesare pentru realizarea rețelei gravimetrice de ordinul II.

PROSPECȚIUNI MAGNETOMETRICE

Activitatea de prospecțiune magnetometrică a cunoscut de asemenea o evoluție continuă, datorită succeselor obținute ca metodă directă sau ca metodă indirectă în evidențierea diverselor obiecte geologice, cu precădere a acelora care interesau pentru conturarea zonelor de perspectivă pentru substanțe minerale solide.

Gama de informații furnizate prin lucrările de prospecțiune magnetometrică aeriană și terestră se referă la conturarea zonelor cu mineralizații de fier, cu mineralizații de tip porphyry-copper asociate cu magnetit, a mineralizațiilor de titano-magnetit vanadifer, a sulfurilor asociate cu pirotină sau magnetit, precum și a structurilor vulcanice mascate de piroclastite, a ariilor de transformări hidrotermale, a structurilor subvulcanice și a fracturilor majore în lungul cărora s-au insinuat mase de roci intrusive.

În prezent rolul prospecțiunii magnetometrice în cercetarea zonelor de perspectivă pentru substanțe minerale solide este recunoscut de majoritatea specialiștilor datorită pe de o parte rezultatelor obținute, iar pe de altă parte utilității hărților magnetometrice terestre și aeromagnetometrice în valorificarea prin complexare a datelor celorlalte metode geofizice. La acestea mai adăugăm faptul că hărțile magnetometrice au devenit un îndreptar prețios la fundamentarea proiectelor pentru amplasarea forajelor și lucrărilor miniere.

Aportul prospecțiunii magnetometrice aeriene și terestre a constat în descoperirea de noi zăcăminte sau zone mineralizate și în creșterea rezervelor de minereuri prin extinderea cîmpurilor miniere mai vechi, la principalele categorii de minereuri.

La minereuri de fier sînt de menționat mineralizațiile noi descoperite în Dobrogea la Palazul Mare și Iulia ; extinderea cîmpurilor miniere din munții Poiana Ruscă, exploatările Teliuc, Ghelar și Ruschița. În prezent sînt în curs de valorificare mineralizațiile de fier cu conținut redus în metal din munții Poiana Ruscă, zona Poiana Iazuri și din munții Almajului, zona Topleț.

În munţii Drocea, zona Ciungani — Căzăneşti, a fost conturată extinderea unei mineralizaţii de titano-magnetit vanadifer care urmează să fie valorificată în viitor.

În partea estică a munţilor Gilăului, la Băişoara, a fost conturat un nou zăcămînt de minereu de fier la contactul calcarelor cristaline cu intruziunile banatitice, zăcămînt care este în prezent în exploatare.

La minereuri de mangan sînt de menţionat : cartarea orizonturilor cu silicaţi de mangan din munţii Sebeş, zona nord Barul Mare, în extinderea aflorimentelor identificate geologic ; creşterea rezervelor din munţii Lăpuşului, zona Răzoare, din munţii Semenic, zona Delineşti şi din munţii Bistriţei, zona Iacobeni — Cîrlibaba.

Din categoria sulfurilor polimetalice sînt de menţionat zăcămintele de tip porphyry-copper de la Roşia Poieni din Munţii Metaliferi şi de la Suvorov din zona Moldova Nouă. În legătură cu primul este de menţionat faptul că structura geologică interpretată pe baza datelor magnetometrice a fost confirmată atît de primul profil de foraje cît şi de lucrările ulterioare proiectate de I.P.E.G.—Hunedoara. Cel de al doilea a fost conturat în extinderea perimetrelor în exploatare. În afara cuprului din această zonă se va extrage în procesul tehnologic şi magnetitul din zonele de skarn şi din masa granodioritelor.

Rezultate deosebit de interesante cu perspective de a conduce la localizarea de noi zăcăminte au mai fost obţinute în cadrul unităţilor metalogenetice din munţii Oaş — Gutîi — Tibleş, munţii Călimani — Gurghiu — Harghita, Munţii Apuseni Centrali, Munţii Metaliferi.

În afara rezultatelor arătate au mai fost realizate în cadrul întreprinderii hărţile aeromagnetometrice cu caracter regional la scara 1 :100 000 a întregului teritoriu al ţării, hărţile aeromagnetometrice cu caracter de detaliu la scara 1 :25 000, pentru munţii Oaş — Gutîi — Tibleş, Călimani — Gurghiu — Harghita, Apuseni Centrali, Metaliferi, Poiana Ruscă, Almajului şi Semenic. De asemenea sînt în curs de realizare hărţile aeromagnetometrice la scara 1 :200 000 şi 1 :500 000.

Pe baza rezultatelor obţinute pînă în prezent, considerăm că valorificarea în viitor a datelor prospecţiunii aeromagnetometrice şi a celei magnetometrice terestre, prin complexare şi cu celelalte metode geofizice şi extrageofizice va fi în măsură să conducă la obţinerea de noi informaţii cu privire şi la alte zăcăminte de substanţe minerale solide.

PROSPECŢIUNI RADIOMETRICE

Prospecţiunea radiometrică a fost introdusă din anul 1967 pentru localizarea acumulărilor de substanţe minerale solide, care au în parageneză minerale radioactive.

Lucrările de prospecţiune s-au desfăşurat în munţii Pădurea Craiului, Bihorului şi Giurgeului pentru cartarea lentilelor de bauxită, a mineralelor grele, a pămînturilor rare şi a mineralizaţiilor polimetalice (Cu, Pb, Zn, Mo) ; în ultima vreme metoda a fost introdusă şi la delimitarea zonelor afectate de transformări hidrometamorfice, de interes pentru mineralizaţiile polimetalice şi auro-argentifere. Rezultate deosebite s-au obţinut în perimetrele Roşia—Albioara şi valea Vida din munţii Pădurea Craiului

și Piatra Galbenă — Focu Viu din munții Bihor unde s-au cartat anomalii radiometrice generate de acumulările de bauxită aflate în imediata apropiere a suprafeței. Lucrările miniere executate pe baza acestor anomalii au determinat creșterea rezervelor de bauxită. În perimetrele Jolotca — Lăzărea și Belcina din masivul Ditrău s-au conturat filoane cu sulfuri polimetalice asociate cu pământuri rare, uneori cu zircon și molibden.

Menționam de asemenea contribuția măsurătorilor radiometrice subterane la cercetarea zăcămintelor de potasiu la Gălean, Tazlău, Cucuieți și Bălțătești.

Din lucrările executate a rezultat că prospecțiunea radiometrică de suprafață, ca metodă indirectă de identificare a zonelor de perspectivă pentru minereurile polimetalice, este indicată și este util de aplicat în provinciile metalogenetice din Carpații Orientali, Munții Apuseni Centrali și Munții Metaliferi.

PROSPECȚIUNI ELECTROMETRICE

Activitatea de electrometrie a reprezentat, chiar de la începutul existenței întreprinderii, continuarea tradiției de prospecțiune electrometrică desfășurată pe durata a mai bine de două decenii la Institutul geologic.

Avînd inițial o dotare cu aparataj în curent continuu și alternativ, restrînsă, dar de o concepție evoluată, metoda de prospecțiune electrometrică și-a amplificat pe parcursul anilor capacitatea de lucru și de rezolvare, obținînd, în mod treptat o dotare cu echipament din ce în ce mai modern, în acord cu realizările pe plan mondial și cu diversele probleme care trebuiau rezolvate.

În mod constant prospecțiunea electrometrică a fost prezentă cu lucrări care interesau multiplele probleme pe care le puneau creșterea bazei noastre de materii prime și planurile de electrificare ale țării s-au desfășurat în zonele de perspectivă, înaintea activității de explorare și în cazuri particulare, în imediata apropiere a exploatărilor miniere pentru adîncirea gradului de cunoaștere geologică sau pentru orientarea lucrărilor miniere sau de foraj proiectate pentru conturarea de noi rezerve. Au fost abordate pe această cale, probleme de minereuri metalifere, de combustibili minerali, de ape subterane substanțe nemetalifere, roci comune sare precum și probleme de geologie inginerească. Prospecțiunea electrometrică a participat la evidențierea zăcămintelor de la Novicior — Novăț, Baia Borșa — Gura Băii, Leșul Ursului, Suior, Sîntimbru, Fundul Moldovei—Botoș, la cele de grafit dintre rîul Olteț și rîul Galben și este prezentă în lucrările de conturare și de extindere a cunoștințelor privind mineralizațiile din Munții Metaliferi, Munții Apuseni, eruptivul neogen al Carpaților Orientali Dobrogea, munții Semenic și în prospecțiunile pentru ape subterane, termale și sare, domeniu în care au fost înregistrate succese prin punerea în circuitul economic de noi surse de ape termale la Băile Felix și la sud de Șimleul Silvaniei.

Pe măsura dezvoltării prospecțiunilor electrometrice pentru diferite substanțe, s-a trecut la o fază nouă, de redactare a unor hărți de ansamblu

la scara 1 :50 000, pentru bazine intramontane, depresiunea Pannonică, depresiunea Moldovenească şi la scara 1 :5 000 pentru problemele care interesează activitatea minieră.

★

În paralel cu prospecţiunile geofizice de teren şi în sprijinul acestora, în cadrul întreprinderii se desfăşoară o intensă activitate de laborator. Se realizează mii de determinări curente de parametri fizici ai rocelor (densitate, rezistivitate, susceptibilitate magnetică) în scopul stabilirii unor premise fizico-geologice riguroase de interpretare geologică a rezultatelor. S-au mai realizat analize radiometrice cantitative pentru săruri de potasiu, determinări de vîrstă absolută prin metoda paleomagnetică etc.

Unele încercări de construcţie de aparatură s-au soldat cu realizarea unui radiometru de mare precizie pentru prospectarea pegmatitelor micafere şi a unui berilometru pentru determinarea conţinutului de beriliu in situ.

În ultimul timp, pe linia preocupării permanente a întreprinderii pentru valorificarea superioară pe plan geologic a datelor geofizice, în scopul creşterii eficienţei prospecţiunilor executate, au fost realizate colectivele de sinteze geofizice şi de calcul automat al datelor, realizîndu-se totodată dotarea cu un calculator electronic programabil de birou şi asigurîndu-se accesul la centre mari de calcul electronic.

Prelucrarea automată a rezultatelor gravimetrice şi magnetometrice primare prin separări de efecte, prelungiri analitice, interpretări cantitative constituie deja modul curent de întocmire a documentaţiilor aferente prospecţiunilor executate.

Pentru viitorul apropiat se preconizează automatizarea întregului proces de determinare a anomaliilor gravimetrice şi magnetometrice pornind de la valorile măsurate şi sfîrşind cu interpolarea hărţilor respective precum şi automatizarea procesului de evaluare a reducerilor de relief în gravimetrie ; de asemeni se prevede interpretarea cantitativă a sondajelor electrice verticale şi modelarea secţiunilor de rezistivitate aparentă cu ajutorul calculatorului electronic.

Simultan cu preocupările privind creşterea eficienţei prospecţiunilor geofizice, dintre care unele au fost amintite mai sus, există şi o preocupare permanentă de întărire a colaborării întreprinderii cu unităţile geologice teritoriale şi centrale cu profil geologic cu scopul final de valorificare cît mai rapidă a rezultatelor prospecţiunilor.

Colaborarea în prospecţiunea propriu-zisă, vizînd stabilirea obiectivelor geologice de prospecţiune, executarea de proiecte geologice de verificare prin lucrări miniere şi foraje, întocmirea de planuri de perspectivă şi altele, se realizează prin contactele bilaterale ale specialiştilor din I.G.P.S.M.S. cu specialiştii din diferitele centrale şi combinate miniere, I.P.E.G.-uri şi întreprinderi miniere. Pe de altă parte, rezolvarea diferitelor probleme cu caracter teoretic privind introducerea de noi metodologii şi tehnici de prospecţiune sau interpretarea, proiectarea şi realizarea în ţară de aparatură geofizică şi introducerea prelucrării automate a datelor geofizice necesită o permanentă cooperare cu diverse institute de cercetare (I.G.G., I.F.A. etc.) şi cu institute de învăţămînt superior.

Dezvoltarea activităţii de prospecţiuni geofizice a solicitat numeroase cadre de specialitate cu pregătire superioară şi medie, care au fost asigurate prin institutele de învăţămînt superior şi prin şcoala de specializare postliceală de geologie. Adaptarea programelor analitice de învăţămînt respective la necesităţile procesului de producţie s-a realizat printr-o colaborare fructuoasă între specialiştii noştri şi cadrele din învăţămînt. Perfecţionarea pregătirii specialiştilor s-a făcut în cadrul institutelor de învăţămînt superior şi la întreprindere iar cînd a fost cazul peste hotare la instituţii de specialitate.

Rezultatele obţinute prin activitatea de prospecţiune geofizică a întreprinderii — dintre care unele au fost amintite mai sus — atestă aportul acesteia la descoperirea şi conturarea de noi zăcăminte de substanţe minerale utile, la extinderea cîmpurilor miniere cunoscute, la conturarea zonelor de perspectivă pentru diferite tipuri de mineralizaţii precum şi la descifrarea structurii diferitelor unităţi geologice.

Succesele obţinute, atenţia de care se bucură activitatea geofizică din partea factorilor de răspundere, precum şi ataşamentul specialiştilor faţă de politica partidului în domeniul geologiei, reprezintă chezăşii ale contribuţiei ce va fi adusă şi în viitor la realizarea sarcinilor ce revin geologiei româneşti în amplul program de dezvoltare multilaterală a României Socialiste.

Primit la redacţie la 29 aprilie 1975

24 YEARS OF ACTIVITY IN GEOPHYSICS OF THE GEOLOGICAL ENTREPRISE OF PROSPECTIONS FOR SOLID MINERALS

(ABSTRACT)

The paper presents the activity and the main results obtained within the Geological Enterprise of Prospections for Solid Minerals, from the very beginning until now.

Enjoying a permanent help from the party and state authorities, the geophysicists, who have been working in this Entreprise for almost 25 years, succeded in connecting the production activity with scientific research, promoting a better knowledge of the geology of our country and the development of row mineral deposits important for our national economy. So, the geophysical prospections carried out contributed to the discovery and study of new mineral deposits, to the extension of known mineral fields, and the delimitation of prospective zones for various types of mineralizations, as well as to the understanding of the geological structure of various geological areas.

The results obtained have increased the authority of this Entreprise which is called today to bring its contribution in many different geological problems both within the country and abroad.

25 DE ANI DE ACTIVITATE GEOFIZICĂ LA ÎNTREPRINDEREA DE PROSPECȚIUNI GEOLOGICE ȘI GEOFIZICE PENTRU HIDROCARBURI, BUCUREȘTI *

DE

C. BURCEA

Întreprinderea de prospecțiuni geologice și geofizice pentru hidrocarburi, Str. Coralilor nr. 20, București

Aniversarea a 50 de ani de geofizică românească coincide în mod fericit cu aniversarea unui sfert de veac de la înființarea „Oficiului de prospecțiuni geologice și geofizice", prima unitate din țară specializată în acest gen de lucrări, devenită astăzi Întreprinderea de prospecțiuni geologice și geofizice pentru hidrocarburi — București.

Înființarea Oficiului de prospecțiuni geologice și geofizice în anul 1950 reprezintă o consecință firească a adîncilor prefaceri de ordin politic, social și economic care au urmat în țara noastră, după cel de-al II-lea război mondial.

Redresarea tuturor sectoarelor de activitate economică — sarcină de o deosebită importanță, trasată de Partidul Comunist Român impunea asigurarea bazei de materii prime în toate domeniile și în mod special creșterea producției de hidrocarburi, una din principalele resurse energetice ale țării noastre.

Naționalizarea principalelor mijloace de producție din anul 1948 a determinat o schimbare esențială în modul de orientare a politicii economice în domeniul industriei de petrol și gaze făcînd posibilă trecerea la o cercetare sistematică a întregului teritoriu al țării, pentru delimitarea suprafețelor cu perspective de hidrocarburi, pentru identificarea și conturarea structurilor posibil petrolifere-gazeifere.

A devenit absolut evident încă de la început, că pentru rezolvarea multiplelor probleme pe care le pune o astfel de cercetare era nevoie de o unitate specializată care să execute lucrările de prospecțiuni geologice și geofizice după concepții științifice moderne, în raport cu gradul de cercetare al diferitelor unități structurale ale țării și cu nevoile industriei petrolifere.

Oficiul de prospecțiuni geologice și geofizice, constituit în cadrul Trustului de explorări geologice a beneficiat încă de la înființarea sa de o îndrumare științifică competentă asigurată de profesorul Iulian Gavăt — astăzi membru corespondent al Academiei R.S. România — sub conducerea căruia s-au întocmit primele proiecte și s-a stabilit cadrul general

* Lucrare prezentată în cadrul sesiunii organizată miercuri 26 februarie 1975 de către Academia R. S. România și Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înființarea Secției de prospecțiuni a Institutului geologic al României.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM 13, P. 53–61, BUCUREȘTI, 1975

de desfăşurare al lucrărilor de prospecţiuni geologice şi geofizice pentru hidrocarburi.

Planurile cincinale care au urmat anului 1950 au acordat o importanţă mereu crescîndă activităţii de prospecţiuni geologice şi geofizice pentru hidrocarburi, fapt ce se oglindeşte în mod fidel în creşterea potenţialului tehnic şi uman al întreprinderii noastre.

În cei 25 de ani de existenţă ai întreprinderii, prospecţiunile geofizice au reprezentat întotdeauna activitatea de bază, iar din cadrul acestora, prospecţiunea seismică s-a situat pe primul loc, dat fiind succesul acestei metode la descoperirea capcanelor pentru petrol şi gaze. Dacă în anul 1950, activitatea geofizică reprezenta în cadrul întreprinderii 58%, iar în rîndul prospecţiunilor geofizice seismometria reprezenta 74%, astăzi, activitatea geofizică reprezintă 89% din volumul de lucrări al întreprinderii, prospecţiunii seismice revenindu-i 99% din acest volum.

Această evoluţie este o consecinţă logică a modului în care au fost şi sînt orientate cercetările pentru hidrocarburi pe teritoriul ţării noastre. De la cercetări cu caracter regional în care metodele cîmpurilor naturale — gravimetria şi magnetometria — au adus o contribuţie importantă la descifrarea structurii majore a unităţilor tectonice considerate cu perspective de hidrocarburi, s-a trecut la cercetări de semi-detaliu şi de detaliu în care au fost utilizate electrometria şi în special seismometria, cu rezultate mai precise şi cu posibilităţi de rezolvare directă a problemelor geologice.

Prospecţiunea gravimetrică a fost utilizată în lucrări cu caracter regional, de semi-detaliu şi chiar de detaliu, pentru detectarea zonelor anomale, în Platforma Moesică, în Platforma Moldovenească, în Depresiunea din faţa Carpaţilor, în Depresiunea Bîrladului, în Depresiunea Transilvaniei, în Depresiunea Panonică şi în Maramureş.

Începînd din anul 1970, obiectivul lucrărilor de prospecţiuni gravimetrice l-a constituit, în bună parte, conturarea zonelor saturate cu gaze din Depresiunea Transilvaniei, posibilitate demonstrată anterior de profesorul Iulian Gavăt.

Prospecţiunea magnetometrică a fost introdusă în activitatea întreprinderii începînd cu anul 1956 pentru lucrări de semi-detaliu, în Platforma Moesică, lucrări care au durat pînă în anul 1963. Rezultatele obţinute au adus informaţii interesante despre fundamentul acestei unităţi structurale majore, informaţii confirmate în cea mai mare parte de lucrările seismice şi de foraj executate ulterior.

În ceea ce priveşte electrometria, primele lucrări în cadrul întreprinderii, au fost executate prin metoda sondajelor electrice verticale, în anul 1954. Pe parcursul a 17 ani (pînă în anul 1970 inclusiv) metoda electrometrică a cunoscut cea mai importantă dezvoltare, dintre metodele neseismice. În intervalul 1960 — 1970 prospecţiunea electrometrică consemnează aplicarea unor noi metode de lucru : sondajul electric dipol, metoda curenţilor telurici şi metoda emiţătorilor încrucişaţi.

Este cazul să menţionăm aici sprijinul permanent primit din partea tov. academician profesor Saba Ştefănescu care a urmărit îndeaproape evoluţia lucrărilor de prospecţiuni electrometrice din întreprinderea noastră, ajutînd pe specialiştii noştri la fundamentarea teoretică a unor metode — cum este de exemplu metoda emiţătorilor încrucişaţi, sau la

orientarea lucrărilor către zonele în care electrometria poate să-şi aducă o contribuţie cît mai eficientă la rezolvarea problemelor geologice.

Lucrările de prospecţiuni electrometrice executate în Dobrogea de sud, în Platforma Moesică, În Platforma Moldovenească, în Depresiunea din faţa Carpaţilor, în Depresiunea Panonică şi în Depresiunea Transilvaniei au adus valoroase contribuţii de ordin ştiinţific şi practic. Ies în evidenţă, în special, rezultatele de Depresiunea Transilvaniei, unde prin lucrări electrometrice s-a reuşit urmărirea suprafeţei sării, punîndu-se în evidenţă structuri domale cu sîmbure de sare în ax, care s-au dovedit ulterior a fi productive.

Prospecţiunea seismometrică a reprezentat încă de la început, aşa cum s-a arătat mai înainte, metode de bază în activitatea de prospecţiuni geofizice pentru hidrocarburi. De la primele lucrări, executate prin metoda seismosondajelor centrale şi a profilelor de corelaţie continuă, cu o sondă şi un singur geofon pe canal, în seismica de reflecţie şi prin metoda primelor sosiro în seismica de refracţie, prospecţiunea seismică a cunoscut în cadrul întreprinderii noastre o îmbunătăţire continuă a tehnicilor de teren, prelucarea şi interpretarea datelor, putînd să afirmăm astăzi că ne situăm destul de aproape de plafonul maxim atins pe plan mondial în evoluţia acestei metode.

Se cuvine să punctăm cîteva din etapele cele mai importante parcurse de această metodă în succesiunea ei continuă.

Începînd cu anul 1957 , în seismica de reflexie, pentru cercetarea zonelor complicate morfologic şi tectonic, cum ar fi de exemplu Zona flişului, se introduce metoda seismosondajelor spaţiale de masă, metodă care avea să cunoască o perfecţionare continuă datorită specialiştilor noştri, care au contribuit cu soluţii originale la rezolvarea multor probleme pe care le pune aplicarea acestei metode. Anul 1970 marchează o importantă perfecţionare de ordin teoretic şi practic în aplicarea acestei metode, prin introducerea înregistrării şi prelucrării multidispozitiv după o concepţie originală aparţinînd tov. ing Chişcan Vasile.

În lucrările pe profil continu, începînd cu anul 1959, se utilizează pentru prima oară în ţară, grupările de explozii şi geofoni. Generalizarea acestei metode a condus la o îmbunătăţire substanţială a raportului semnal-zgomot şi implicit a rezultatelor prospecţiunii seismice.

Trecerea de la sistemul de înregistrare oscilografic la sistemul magnetic analogic (1960) şi apoi numeric (1969) a reprezentat un însemnat salt calitativ în lucrările de prospecţiuni seismice din ţara noastră. Aş dori să subliniez că prin grija partidului, dotarea întreprinderii cu aceste mijloace moderne de înregistrare s-a făcut la un interval de timp destul de scurt, după introducerea lor în lucru în ţările cele mai avansate, fapt ce a făcut ca rămînerea noastră în urmă în acest domeniu să fie, în mod practic, neesenţială.

În scopul rezolvării zonelor cu tectonică complicată din Depresiunea din faţa Carpaţilor, în anul 1963 s-a introdus în lucru metoda recepţiei dirijate reglabile (R.D.G.) care a înregistrat unele succese dar s-a dovedit a fi inferioară ca posibilităţi unor alte metode seismice, motiv pentru care în anul 1968 s-a renunţat la aplicarea ei.

În anul 1965 se aplică, pentru prima oară în Platforma Moesică metoda acoperirii multiple, metodă care prin rezultatele obţinute s-a

impus de la an la an, astfel încît începînd cu anul 1975 ea va fi generalizată pentru toate formaţiile de lucru ale întreprinderii.

Metoda seismică de refracţie, utilizată în special pentru urmărirea suprafeţei fundamentului cristalin a cunoscut la rîndul ei îmbunătăţiri tehnologice importante. De la utilizarea metodei primelor sosiri, între anii 1958—1965 s-a trecut la folosirea metodei K.M.P.V., mai întîi în Depresiunea Panonică şi în Platforma Moesică şi apoi şi în alte unităţi structurale ale ţării: Platforma Moldovenească, Promontoriul Nord-Dobrogean, Depresiunea Bîrladului şi Depresiunea Transilvaniei. După anul 1965 se introduce în lucru metoda corelării la distanţă constantă, metodă utilizată în anul 1971, cînd datorită progreselor realizate de seismica de reflecţie — pe de o parte şi gradul de cercetare deja realizat prin lucrări de refracţie — pe de altă parte, s-a considerat că se poate renunţa la folosirea seismicii de refracţie pentru tipul de probleme geologice, încă nerezolvate.

Nu putem încheia această scurtă trecere în revistă a principalelor momente din evoluţia tehnicilor de înregistrare în prospecţiunea seismică, în cadrul Întreprinderii de prospecţiuni geologice şi geofizice pentru hidrocarburi, fără a aminti măcar în cîteva cuvinte despre două acţiuni cu caracter cu totul deosebit: prospectarea seismică a Deltei Dunării, între anii 1966—1968 şi prospectarea seismică a Platformei Continentale a Mării Negre, între anii 1969—1974.

Prospecţiunile seismice executate în Delta Dunării şi pe Platforma Continentală românească a Mării Negre au constituit — prin specificul lucrărilor — adevărate pietre de încercare pentru specialiştii noştri. Datorită importantelor eforturi depuse de întreg colectivul de lucrători ai întreprinderii s-a reuşit să se treacă însă cu succes de toate dificultăţile, astfel încît rezultatele activităţii noastre au putut contribui la fundamentarea primelor foraje din Delta Dunării şi la cunoaşterea structurii geologice a Platformei Continentale a Mării Negre.

În paralel cu introducerea de noi metode şi tehnici de teren, în cadrul întreprinderii noastre a existat o preocupare permanentă pentru îmbunătăţirea metodelor de prelucrare şi interpretare a datelor.

În prospecţiunea seismică primul salt calitativ însemnat l-a constituit trecerea în anul 1961, de la sistemul clasic, de prelucrare manuală, la sistemul de prelucrare automată a datelor prin utilizarea unui calculator analogic, iar un al doilea salt s-a realizat în anul 1973, prin implementarea sistemului de prelucrare numerică a datelor seismice.

Aplicarea prelucrării automate a datelor geofizice a permis utilizarea unor procedee noi, menite să asigure îmbunătăţirea puterii de rezoluţie a metodelor aplicate şi să rezolve în mod mult mai rapid şi eficient problemele geologice puse în faţa prospecţiunilor geofizice.

Interpretarea geologică a rezultatelor prospecţiunilor geofizice s-a perfecţionat în mod continuu, în cei 25 de ani de activitate ai întreprinderii, în sensul coroborării tuturor informaţiilor existente la data respectivă, pentru argumentarea cît mai judicioasă a concluziilor finale.

Interpretarea complexă a tuturor informaţiilor obţinute, în scopul delimitării suprafeţelor cu cele mai bune perspective de hidrocarburi, reprezintă ideea conducătoare în lucrările de interpretare executate în cadrul întreprinderii de specialiştii noştri, formaţi în marea lor majoritate la şcoala profesorilor Iiulian Gavăt şi Nicolae Grigoraş.

Desfășurarea activității întreprinderii, care execută lucrări de cartare geologică, prospecțiuni geofizice și foraje structurale de mică adîncime, toate subordonate aceluiași scop — identificarea structurilor posibil petrolifere — gazeifere, reprezintă prin ea însăși aplicarea în practică a ideii de cercetare complexă în lucrările de prospectare și explorare pentru petrol.

Prin aplicarea acestor metode de cercetare în toate unitățile structurale din țară Întreprinderea de prospecțiuni geologice și geofizice pentru hidrocarburi și-a adus o contribuție însemnată la sporirea volumului de rezerve de hidrocarburi ale țării și la obținerea unor însemnate rezultate științifice și practice.

Bilanțul celor 25 de ani de activitate geofizică pentru hidrocarburi se prezintă în cîteva cifre astfel:

— peste 80% din suprafața cu perspective de hidrocarburi a țării cercetată prin metode seismice, de la un grad de cercetare regional pînă la cercetări de detaliu;

— 126 267 km de profil seismic executați pe uscat și 14 443 km executați pe Platforma Continentală a Mării Negre;

— peste 600 de structuri posibil petrolifere-gazeifere identificate prin lucrările geologice sau geofizice;

— peste 150 de zăcăminte de petrol sau gaze descoperite pe baza rezultatelor obținute în cadrul întreprinderii noastre.

Cu legitimă mîndrie putem afirma că toate zăcămintele de hidrocarburi din Platforma Moesică, Depresiunea Panonică, Depresiunea Bîrladului și numeroase cîmpuri petrolifere sau gazeifere din Depresiunea din fața Carpaților și Depresiunea Transilvaniei au fost descoperite în urma rezultatelor activității geofizice.

Este desigur foarte greu să cuprindem în cîteva fraze rezultatele științifice de o valoare incontestabilă obținute prin activitatea întreprinderii și de aceea ne vom rezuma să prezentăm numai cîteva din cele pe care le considerăm ca fiind mai importante:

— descifrarea structurii sedimentarului de vîrstă terțiară și parțial a formațiunilor mai vechi din Platforma Moesică, Platforma Moldovenească, Depresiunea Bîrladului, Depresiunea Transilvaniei și Depresiunea Panonică;

— descifrarea structurii formațiunilor neogene și parțial preneogene în Depresiunea din fața Carpaților;

— obținerea primelor imagini structurale ale Platformei Continentale a Mării Negre;

— confirmarea prin metode geofizice a prelungirii Platformei Moldovenești, spre vest, pe sub pînzele Carpaților Orientali;

— identificarea traseului faliei pericarpatice și a amploarei încălecării de-a lungul ei, în zonele în care aceasta scapă observației geologice directe;

— întocmirea unor hărți geologice unitare la scara 1 : 25 000, pentru zonele de interes petro-gazeifer și altele.

O latură importantă a activității întreprinderii noastre este activitatea de cercetare științifică. Confruntați cu probleme din ce în ce mai complexe, obligați să țină pasul cu noile cuceriri tehnice în domeniul prospec-

țiunilor geofizice pe plan mondial, geologii și geofizicienii din cadrul întreprinderii au căutat să fie la înălțimea responsabilității lor, perfecționîndu-și continuu cunoștințele acumulate pe băncile școlii de la iluștrii lor predecesori, profesorii Gheorghe Macovei, Saba Ștefănescu, Iulian Gavăt, Liviu Constantinescu, Nicolae Grigoraș, Radu Botezatu și alții.

An de an au avut loc în cadrul întreprinderii cursuri de perfecționare, în care s-au aprofundat bazele fizico-matematice-geologice ale prospecțiunilor geofizice, s-au prezentat cele mai noi cuceriri în domeniul tehnologiei acestor lucrări pe plan mondial, s-au întocmit referate tehnico-științifice cu subiecte care interesează direct activitatea noastră, s-a realizat o apropiere între cunoștințele specialiștilor din diferite domenii: geologic, geofizic, electronic, matematic pentru o mai bună înțelegere a problemelor și a modului în care se întrevede rezolvarea lor.

Rezultatul acestor strădanii s-a concretizat în ușurința cu care au fost însușite și adaptate la noi în țară cele mai perfecționate metode geofizice, în numeroasele soluții originale pentru rezolvarea problemelor deosebit de complexe care se pun astăzi pentru geologia petrolului.

Conducerea întreprinderii a căutat să identifice problemele majore, să asigure tuturor specialiștilor condiții optime pentru perfecționare în țară sau în străinătate, să impună o înaltă ținută științifică tuturor lucrărilor executate.

Am dori să menționăm numai faptul că implementarea sistemului de prelucrare numerică a datelor geofizice a fost precedată de participarea specialiștilor noștri la cursurile academicianului Grigore Moisil, de o documentație intensă în țară timp de doi ani și o specializare de 6 luni în străinătate, ceea ce a făcut posibil ca numai la 11 zile de la sosirea în țară, calculatorul să funcționeze la capacitatea sa maximă, deservit în totalitate de specialiști români, capabili astăzi să realizeze programe de o complexitate deosebită.

În cadrul întreprinderii s-a elaborat sub conducerea profesorilor Iulian Găvăt, Neculai Macarovici, Ion Dumitrescu și Nicolae Grigoraș, 7 teze de doctorat care au adus contribuții originale foarte valoroase la studiul complex al perspectivelor petrolifere ale unor zone din Platforma Moesică, Depresiunea Getică, Zona flișului Carpaților Orientali, Depresiunea Panonică și Depresiunea Bîrladului și la rezolvarea unor probleme practice cum ar fi cercetarea capcanelor lito-stratigrafice, subiect de mare actualitate pe plan mondial și în țara noastră.

Sînt de asemenea în curs de elaborare încă 17 teze de doctorat, sub conducerea profesorilor Saba Ștefănescu, Liviu Constantinescu, Iulian Gavăt, Ion Dumitrescu, Teodor Joja, Dumitru Enescu, Simion Pauliuc, Neculai Macarovici și alții a căror tematică va contribui fără îndoială la rezolvarea unor probleme legate de prelucrarea numerică a datelor geofizice, utilizarea studiilor pe modele, cercetarea seismică a șelfurilor continentale, utilizarea seismogramelor sintetice, folosirea holoseismicii sau determinarea perspectivelor petrolifere ale unor zone din țară.

Activitatea științifică a specialiștilor noștri este atestată și de cele peste 50 de lucrări prezentate la simpozioanele de geofizică aplicată organizate de Secția de geologie-geografie și geofizică a Academiei R.S.R. și la alte manifestări științifice din țară și din străinătate, de numeroasele articole

publicate în reviste de specialitate române şi străine, de prezenţa lor la diferite congrese şi reuniuni ştiinţifice internaţionale.

Valoarea geologilor şi geofizicienilor noştri este astăzi recunoscută nu numai în ţară dar şi peste hotare, în Algeria, Maroc, Nigeria, Birmania, R.P.D. Coreană şi Afganistan, unde aceştia au lucrat, sau lucrează, în cadrul diferitelor contracte de asistenţă tehnică.

Prestigiul ştiinţific de care se bucură Întreprinderea de prospecţiuni geologice şi geofizice pentru hidrocarburi pe plan extern reiese şi din solicitarea specialiştilor noştri ca membri ai unor delegaţii tehnico-economice care s-au deplasat în peste 25 de ţări din Europa, Africa, Asia, America de Sud şi în S.U.A. precum şi din faptul că întreprinderea a fost vizitată de diferite personalităţi ştiinţifice din U.R.S.S., S.U.A., Franţa, Italia, R. P. Polonă, R. P. D. Coreană, Cehoslovacia, Jugoslavia, Peru, Ecuador, Irak, Egipt, R.P. Ungară etc.

Aş dori să folosesc această fericită aniversare — 50 de ani de geofizică românească — pentru a mulţumi, în numele geologilor şi geofizicienilor din întreprinderea noastră, profesorilor de geologie şi geofizică, mulţi dintre ei membri ai Academiei Republicii Socialiste România, care ne-au insuflat dragostea pentru această frumoasă profesiune în anii de şcoală şi care au fost totdeauna alături de noi atunci cînd le-am solicitat sfatul.

Înscriindu-se pe linia indicaţiilor date de conducerea de partid şi de stat privind dezvoltarea relaţiilor de cooperare economică, ştiinţifică şi tehnică dintre România şi ţările slab dezvoltate, sau în curs de dezvoltare, prima echipă geofizică românească care execută lucrări peste hotare şi-a început activitatea în Irak în 1974, obţinînd rezultate care o situează cel puţin la acelaşi nivel cu echipele seismice aparţinînd unor companii occidentale bine cunoscute.

Producţia realizată în luna noiembrie — 203,8 km şi cei 19,6 km/zi realizaţi într-una din zilele lui decembrie (cea mai mare producţie realizată vreodată de o echipă seismică pe teritoriul republicii Irak) sînt performanţe care vorbesc de la sine despre efortul specialiştilor noştri, şi despre prestigiul cîştigat de întreprindere cu ocazia acestei acţiuni.

În prezent se pregăteşte plecarea unor alte două echipe seismice în Siria şi sîntem convinşi că rezultatele pe care le vor obţine vor fi de asemenea la nivelul aşteptărilor.

Făcînd acest bilanţ al realizărilor celor 25 de ani de activitate geofizică pentru hidrocarburi ai întreprinderii noastre avem totodată în faţă sarcinile de o mare responsabilitate puse tuturor cetăţenilor patriei, de Congresul al XI P.C.R., pentru atingerea obiectivelor prevăzute în ceea ce priveşte dezvoltarea în perspectivă a României Socialiste.

În faţa întreprinderii noastre, ca singura unitate de prospecţiuni pentru hidrocarburi din ţară, se ridică probleme deosebit de complexe pentru a căror soluţionare vor trebui aplicate cele mai noi metodici de înregistrare, prelucrare şi interpretare a datelor.

În condiţiile în care explorarea formaţiunilor pînă la adîncimi de 3000—4000 m a fost deja realizată în majoritatea unităţilor structurale ale ţării, obiectivul cercetărilor noastre va fi îndreptat spre structurile

geologice aflate la adîncimi mai mari, a căror detectare pune probleme deosebit de dificile.

De asemenea, diminuarea continuă a numărului de capcane tectonice, încă necercetate prin foraje, impune orientarea cercetărilor către capcanele lito-stratigrafice, mai puţin studiate, care s-au dovedit a conţine importante rezerve de hidrocarburi în Depresiunea Panonică, în Plaforma Moesică, în Depresiunea din faţa Carpaţilor şi în alte unităţi structurale.

Necesităţile legate de cunoaşterea complexă şi completă a teritoriului ţării impun investigarea zonelor cu morfologie şi tectonică complicată, unde rezolvarea problemelor geologice nu este încă satisfăcătoare. Cercetarea unor astfel de zone impune mobilizarea unui important potenţial tehnic şi uman, care va cere eforturi deosebite din partea întreprinderii.

În sfîrşit, posibilitatea de detectare directă a zăcămintelor de hidrocarburi prin seismometrie, relansată din nou în cursul anului 1973, în S.U.A., va constitui una din preocupările majore ale specialiştilor noştri.

Pentru realizarea acestor obiective, considerate ca fiind deosebit de importante pentru industria petrolului, întreprinderea noastră şi-a propus un plan de acţiune, cu sarcini precise pentru fiecare compartiment, în care pe primul loc se situează obţinerea unei calităţi maxime a rezultatelor obţinute.

Ne propunem ca încă din acest an să trecem la generalizarea acoperirii multiple, la utilizarea grupărilor ponderate de geofoni, la folosirea surselor neexplozive şi la un studiu minuţios al zonei de viteze mici, în lucrările seismice de teren. În prelucrarea datelor se va trece la migrarea automată a secţiunilor de timp, la studiul pe modele iterative şi la studiul variaţiilor de amplitudine ale semnalelor seismice. Interpretarea geologică va pune accent pe detectarea capcanelor lito-stratigrafice, pe studiu relaţiei dintre variaţiile vitezelor seismice şi litologică rocilor sedimentare, conţinutul lor în fluide ş.a.m.d.

Aruncînd o privire retrospectivă asupra celor 25 de ani de activitate a Întreprinderii de prospecţiuni geologice şi geofizice pentru hidrocarburi putem afirma cu toată certitudinea că realizările obţinute şi conturarea unor asemenea obiective de viitor n-ar fi fost posibile fără preţioasele indicaţii date de conducerea de partid şi de stat — personal de tov. Secretar General Nicolae Ceauşescu — privind intensificarea activităţii de prospecţiuni geofizice pe teritoriul R.S.R., fără sprijinul material acordat de statul nostru socialist pentru dezvoltarea continuă a bazei tehnico-economică a întreprinderii.

Competenta îndrumare şi sprijinul permanent primit din partea conducerii Ministerului Minelor, Petrolului şi Geologiei ca şi preţioasele concluzii ştiinţifice rezultate din colaborarea cu membrii secţiei de specialitate a Academiei Republicii Socialiste România, au asigurat cadrul corespunzător desfăşurării în condiţii optime a activităţii întreprinderii, permiţînd obţinerea unor rezultate pe măsura mijloacelor materiale şi spirituale investite.

Primit la redacţie la 29 aprilie 1975

UN QUART DE SIÈCLE D'ACTIVITÉ GÉOPHYSIQUE À L'ENTREPRISE DE PROSPECTIONS GÉOLOGIQUES ET GÉOPHYSIQUES POUR LES HYDROCARBURES DE BUCAREST

(RÉSUMÉ)

L'Entreprise de Prospections Géologiques et Géophysiques pour les Hydrocarbures a exécuté pendant ses vingt-cinq années d'existence des travaux géologiques et des prospections gravimétriques, magnétométriques, électrométriques et, notamment, sismiques dans toutes les unités tectoniques du pays.

Les résultats obtenus ont apporté une contribution importante à la conaissance de la structure géologique des formations sédimentaires — particulièrement pour le Tertiaire et le Mézozoïque — et ont conduit à la découverte de nombreux gisements de pétrole et de gaz.

On présente les principaux moments de l'activité de l'entreprise, les résultats les plus significatifs, les préoccupations actuelles et les perspectives pour l'avenir, ayant comme but la recherche des structures profondes des zones compliquées du point de vue tectonique et morphologique et l'identification des pièges litho-stratigraphiques.

ASPECTE ALE INTRODUCERII ŞI DEZVOLTĂRII ACTIVITĂŢII DE GEOFIZICĂ DE SONDĂ ÎN ROMÂNIA *

DE

GHEORGHE VASILESCU[1], AURELIAN NEGUŢ[2], SIMION IORDACHE[3]

Geofizica de sondă — constituind în prezent un domeniu distinct al geofizicii aplicate — a luat fiinţă şi s-a dezvoltat în ţara noastră, la început în contextul general al introducerii şi dezvoltării prospecţiunilor geofizice, pentru ca, în scurtă vreme, să capete o existenţă de sine stătătoare, în special legată de activitatea de investigaţie a sondelor pentru hidrocarburi.

Urmărind dezvoltarea geofizicii de sondă, de la începuturile sale pînă în prezent, pot fi conturate trei etape principale :

1. etapa aplicării sporadice a măsurătorilor parametrilor fizici în sondă, cuprinsă între anii 1906—1930 ;

2. etapa introducerii şi aplicării sistematice a carotajului electric, completat şi de alte metode geofizice de cercetare a sondelor, cuprinsă între anii 1931—1950 ;

3. etapa de dezvoltare multiplă a metodelor geofizice de cercetare a sondelor, începînd din 1950.

Fiecare din aceste etape marchează şi o anumită treaptă de dezvoltare a unor măsurători şi operaţiuni în sonde care, fără să constituie propriu-zis metode de cercetare geofizică, sînt strîns legate de acestea, atît prin unele procedee tehnologice comune, cît şi prin rolul pe care-l au în forajul sondelor şi în deschiderea orizonturilor productive.

Primul parametru fizic măsurat în sonde pe teritoriul României a fost temperatura. Astfel, în anul 1906, într-o sondă de 1000 m adîncime săpată la Filaret, prof. Bungeţeanu (Tănăsescu, 1911) realizează primele măsurători de temperatură la adîncimi mari. Măsurători de temperatură în regiunile petrolifere au fost efectuate în anul 1911 de către geologul Ion Tănăsescu. Datele obţinute în zonele petrolifere Cîmpina, Filipeşti de Pădure, Moineşti şi Lucăceşti—Zemeş, au servit la calculul treptei geotermice, evidenţiindu-se atît interesul ştiinţific legat de cunoaşterea regimului termic al Pămîntului, cît şi cel practic, al localizării zăcămintelor de petrol în adîncime. Măsurătorile de temperatură au fost folosite şi ca mijloc de detectare a zonelor cu aflux de apă în sonde. Prima măsurătoare de acest gen a fost realizată în anul 1927, pe structura Urlaţi (Monit. du Pétrole Roum., 1927—1935).

---

* Lucrare prezentată în cadrul sesiunii organizată miercuri 26 februarie 1975 de către Academia R. S. România şi Ministerul Minelor, Petrolului şi Geologiei, pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înfiinţarea Secţiei de prospecţiuni a Institutului geologic al României.

[1] *Întreprinderea de caronaj şi perforare, Ploieşti*, str. Clopoţei nr. 2.

[2] *Universitatea Bucureşti*, Facultatea de geologie şi geografie, Bd. Bălcescu nr. 1.

[3] *Intreprinderea de foraje şi lucrări geologice speciale, Bucureşti*, Bd. Bălcescu nr. 26.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM 13, P. 63—75, BUCUREŞTI, 1975

Tot în această etapă se poate vorbi de executarea primelor măsurători ale verticalității găurii de sondă (1920—1926), precum și de realizarea primului perforator de coloană cu glonț utilizat în anul 1927 la Țintea (Rev. Tehn. AGIR, 1948—1950; Zmieureanu, 1954).

În fine, între anii 1928—1930 au fost semnalate primele lucrări experimentale de carotaj electric de rezistivitate cu dispozitive gradiente.

Anul 1931, luna martie, marchează introducerea sistematică a geofizicii de sondă în România, odată cu efectuarea pe zăcămîntul petrolifer Boldești a primului carotaj electric complet, constituit din două curbe — rezistivitate aparentă, cu dispozitiv de tip potențial „scurt" și potențial spontan după tehnica propusă de Conrad și Marcel Schlumberger (Schlumberger, C. și M., 1931; Johnson, 1962).

Condițiile deosebit de favorabile din România, materializate într-o oarecare uniformitate litologică a principalelor formațiuni geologice traversate de foraje și în existența unor sonde cu adîncimi între 1000 și 2500 m, săpate într-o manieră modernă și științifică, cu porțiuni deschise de circa 2000 m, au determinat dezvoltarea deosebit de rapidă a carotajului electric. Rezultatele bune obținute au făcut ca noua tehnică de cercetare geologică a sondelor să fie aplicată, numai în doi ani de la introducere, în zonele petrolifere Ceptura, Boldești, Podenii Noi, Țintea, Băicoi, Runcu—Mislea, Ariceștí, Moreni, Gura Ocniței, Gorgoteni și Șotînga, devenind o parte inseparabilă a tehnicilor moderne de exploatare a zăcămintelor de petrol. În acest sens se remarcă interesul deosebit cu care a fost privită această metodă de cercetare indirectă a sondelor, România fiind una din primele țări din lume în care carotajul electric a fost aplicat pe scară industrială (Martin, 1946).

Avantajele esențiale ale aplicării carotajului electric s-au materializat în :

— cunoașterea completă a formațiunilor traversate de sonde și localizarea rocilor colectoare productive, într-un timp scurt;

— reducerea substanțială a cheltuielilor legate de carotajul mecanic;

— mărirea vitezei de foraj.

Principalele probleme geologice rezolvate prin introducerea carotajului de rezistivitate și PS au fost următoarele :

— stabilirea naturii formațiunilor;

— corelarea formațiunilor între sonde în cadrul aceleiași structuri sau între sonde situate pe structuri diferite;

— studiul rocilor rezervor și precizarea naturii fluidelor conținute.

Corelarea formațiunilor folosind carotajele electrice a asigurat așezarea pe noi baze a concepțiilor asupra condițiilor structurale din zonele studiate. De aceea, în scopuri de corelare, o preocupare distinctă, încă de la începuturile carotajului electric, a reprezentat-o separarea orizonturilor reper caracterizate printr-o anumită litologie și un anumit mod de manifestare pe curbele geofizice. Un astfel de orizont reper l-a constituit formațiunea ponțian din subcarpații Munteniei care a devenit în scurtă vreme un reper geofizic de corelare la scară regională (Schlumberger, C. și M., 1932). Un aport deosebit l-a adus carotajul electric în localizarea limitelor dacian-ponțian și ponțian-meoțian, un rol determinant avîndu-l pentru limita ponțian-meoțian reperul de PS al marnelor piritizate, cu caracter complex geologic-geofizic.

În studiul rocilor rezervor, în afară de localizarea lor exactă, a putut fi precizată natura fluidelor conținute, respectiv hidrocarburi sau apă, stabilindu-se în numeroase cazuri o relație definită între productivitatea rocilor colectoare nisipoase și mărimea rezistivității înregistrate.

Devenind o parte integrantă a tehnologiei forării și exploatării sondelor săpate pentru hidrocarburi, carotajul geofizic a determinat schimbări calitative radicale ale acestei tehnologii. Un singur exemplu de acest gen este deosebit de edificator. Metoda de exploatare a stratelor productive succesiv, de jos în sus, a putut fi introdusă numai în urma aplicării carotajului electric care a servit ca instrument decisiv în localizarea precisă a stratelor productive; la aceasta s-a adăugat existența unor dispozitive adecvate pentru perforarea coloanelor tubate (Schlumberger, C. și M., 1934).

În perioada 1931—1945 alături de carotajul electric (rezistivitate și PS) au fost introduse în România și alte metode de cercetare a sondelor printre care se menționează termometria, pandajmetria, măsurătorile de deviație orientată a sondelor, precum și tehnicile de extragere a probelor laterale și de deschidere a stratelor. Toate au contribuit în mod esențial la ridicarea gradului de cunoaștere a formațiunilor traversate de sonde, cu implicații științifice și practice imediate. În acest fel s-au multiplicat continuu problemele geologice și inginerești care au fost soluționate pe baza datelor geofizicii de sondă.

Cîteva referiri calendaristice asupra introducerii și dezvoltării acestor metode în această perioadă sînt semnificative pentru dezvoltarea tehnicii operațiunilor (Moniteur du Pétrole Roum., 1927—1935; Rev. Tehnice AGIR, 1948—1950; Johnson, 1962):

— dezvoltarea carotajului electric, trecîndu-se treptat la completul compus din curba de PS și curbele de rezistivitate aparentă de tip potențial cu investigație „scurtă" și „adîncă" și de tip gradient — 1934—1937;

— introducerea termometrului de sondă cu înregistrare continuă — 1935;

— introducerea unei serii de aparate de măsurat înclinarea orientată a găurii de sondă — din care cele mai importante sînt: „teleclinometrul" electromagnetic Schlumberger, fotoînclinometrul Eastman (cu un singur punct în 1937 sau cu mai multe puncte în 1938—1939), precum și cele realizate de o serie de tehnicieni români — cum ar fi înclinometrul electromecanic Zipser cu 6 puncte — 1938 și altele;

— introducerea și utilizarea pandajmetrului electromagnetic Schlumberger, în 1938, care utiliza anizotropia depozitelor sedimentare în determinarea înclinării orientate a stratelor;

— apariția primei stații de carotaj electric cu înregistrare automată — de tip Humble — cu două curbe: curbă de „impedanță" — rezistența de contact a unui electrod și curba de „porozitate" respectiv PS (anul 1939);

— introducerea primei stații de carotaj automate Schlumberger, în anul 1940, cu care s-a efectuat un număr restrîns de operațiuni;

— introducerea și realizarea unor tipuri de perforatoare de coloană mecanice sau cu glonț, la care o contribuție importantă au avut-o și o serie de tehnicieni români: Iosif Lisovski, ing. Ion Moga, ing. Grigore Zmieureanu, Traian Mărgărit și alții, precum și introducerea aparatelor pentru probe laterale.

Tot în această perioadă s-a făcut remarcată activitatea laborioasă în domeniul măsurătorilor geofizice de sondă întreprinsă de ing. Constantin Gheorghiu.

Dacă în perioada anilor 1941—1945 a existat o scădere a activității de geofizică de sondă, datorită războiului, după 1945 aceasta cunoștea o nouă dezvoltare, prin introducerea instalațiilor semiautomate PKS, cu care se executau pe scară extinsă operații de carotaj electric, termometrii, măsurători de deviație, perforări.

Anul 1946 marchează trecerea de la faza evaluărilor pur calitative la cea a evaluărilor semicantitative a rezultatelor investigațiilor geofizice de sondă prin introducerea carotajului electric lateral — B.K.Z — cu ajutorul căruia s-au efectuat determinări — în anumite limite —ale rezistivității zonei necontaminate a stratului (așa-numita rezistivitate reală) și a diametrului zonei de invazie, parametri legați direct de caracterul saturației colectorului — hidrocarburi sau apă — permițînd estimarea acestuia.

Activitatea de geofizică de sondă este concentrată, odată cu înființarea întreprinderii industriale de stat „Centrala Petroliferă Muntenia", cu secția de operațiuni speciale.

În anul 1949 este remarcată introducerea pandajmetrului cu trei curbe de PS cu un fotoînclinometru, pentru stabilirea poziției aparatului; cu acest pandajmetru au fost executate o serie de operațiuni de determinare a înclinării orientate a stratelor, mai ales în structurile din Moldova (Moinești, Lucăcești, Zemeș etc.).

Tot în această perioadă este semnalată activitatea de măsurători pentru orientarea și dirijarea forajului sondelor, depusă de ing. Constantin Iovitzoiu, realizarea fotoînclinometrului ing. Gr. Zmieureanu, precum și dezvoltarea și lărgirea gamei de perforatoare de coloană.

Data de 1 august 1950 reprezintă începutul noii etape de dezvoltare multiplă a activității de geofizică de sondă prin înființarea Întreprinderii carotaj și perforare din Ploiești — pe baza reunirii unităților de geofizică de sondă din cadrul Centralei Petrolifera Muntenia și a societății mixte Sovrom-petrol — întreprindere care acoperă și în prezent, în cea mai mare parte, activitatea de investigație geofizică, de probare a formațiilor și de deschidere a stratelor în sondele de prospecțiune, explorare și exploatare, pentru zăcămintele de petrol și gaze.

În ceea ce privește valorificarea rezultatelor investigațiilor geofizice, această etapă se caracterizează prin utilizarea în continuare și perfecționarea fazelor calitative și semicantitative de interpretare și trecerea tot mai accentuată la faza de interpretare cantitativă. Evoluția acestor faze este legată direct de evoluția dotării tehnice. Evidențierea celor mai importante faze de dezvoltare tehnică poate fi semnificativă pentru înțelegerea acestei evoluții.

Introducerea începînd cu 1952 a stațiilor automate de tip AKS/L a permis o creștere constantă a eficienței investigărilor, crescînd numărul de operații de carotaj electric lateral — BKZ — factor de bază în asigurarea interpretărilor semicantitative.

Introducerea în 1953 a aparaturii de microcarotaj a permis trecerea la separarea stratelor de grosime mică și determinarea grosimii efective a colectoarelor, în vederea estimării rezervelor. Tot în această perioadă

capătă o dezvoltare mare operaţiile de termometrie, cavernometrie, deviaţie, foraj dirijat, probarea stratelor cu aparate de luat probe laterale, perforare etc. care îşi aduc contribuţia lor în cercetarea sondelor la rezolvarea unor probleme tehnice ivite în cursul forajului sau la punerea în producţie a zăcămintelor.

Anul 1955 marchează introducerea carotajului radioactiv, cu implicaţii deosebit de importante atît în cercetarea fondului de sonde vechi tubate, contribuind la reactivarea acestora, cît şi la investigaţia sondelor forate cu noroi sărat.

De asemenea se remarcă introducerea metodei geochimice de cercetare a sondelor — gaz carotajul — cu staţii semiautomate.

Introducerea în 1957 şi dezvoltarea în continuare a operaţiunilor cu trasori radioactivi combinate cu controlul efectuat cu carotajul radioactiv au permis rezolvarea unei multitudini de probleme tehnice în forajul şi exploatarea sondelor (Peteu, 1959).

Aceeaşi perioadă marchează introducerea dispozitivelor de carotaj electric şi BKZ, lansabile cu cablu monofilar armat, ceea ce a permis asigurarea investigaţiilor în sonde forate cu noroaie grele (pînă la această dată se utilizau cabluri de carotaj cu trei conductori cu izolament de cauciuc, fără armătură metalică).

Anii 1958—1959 reprezintă începutul activităţii industriale, în vederea realizării de aparatură şi utilaje pentru activitatea geofizică, iar în anul 1960 este realizată prima staţie automată de carotaj electric şi radioactiv românească (Georgescu şi alţii, 1960).

Introducerea în 1960 a carotajului electric focalizat (laterolog 7), a constituit un pas înainte în cercetarea sondelor forate cu noroi sărat şi în investigaţia formaţiunilor carbonatice.

Anii 1963—1964 au pus probleme noi geofizicii de sondă prin trecerea la forajul de mare adîncime, ceea ce a impus rezolvarea dificultăţilor legate de condiţiile deosebit de grele întîlnite în gaura de sondă — temperaturi şi presiuni ridicate.

Anul 1965 poate fi considerat ca începutul fazei de evaluare cantitativă a colectoarelor de hidrocarburi prin utilizarea carotajului radioactiv în determinarea porozităţii, după realizarea etalonării dispozitivelor de măsură (Peteu şi Babskow, 1965).

Un salt calitativ în dezvoltarea investigaţiilor geofizice de sondă a fost realizat în anul 1966 prin dotarea Întreprinderii carotaj şi perforare cu un echipament complex, cînd s-au introdus, pe lîngă metodele devenite clasice, noi metode de cercetare geofizică a sondelor, constituind astfel un sistem complet în vederea obţinerii datelor necesare aplicării sistematice a procedeelor şi tehnicilor de interpretare cantitativă, mai ales în cazul sondelor de mare adîncime şi a celorlalte sonde de explorare. Metodele introduse cu acest prilej, pe lîngă carotajul electric şi carotajul electric focalizat LL—7, au fost : carotajul electric focalizat de tip Laterolog-3, carotajul inductiv, dispozitivele de microcarotaj cu patină hidraulică cuplate cu cavernometrie, microlaterologul, carotajul radioactiv neutron-neutron şi carotajul acustic, permiţînd cercetarea tuturor tipurilor de formaţiuni existente, pentru diferite fluide de foraj (normale, mineralizate sau neconductoare), pe baza unor programe de investigare — minimale, optime sau maximale — stabilite în funcţie de condiţiile geolo-

gice și tehnice întîlnite. Ca rezultat al interpretării cantitative, caracterizarea colectoarelor a început să se facă după conținutul în apă, respectiv hidrocarburi.

Pe lîngă aceasta a crescut contribuția geofizicii de sondă la rezolvarea unor probleme structurale și tectonice, luate în considerare la proiectarea noilor locații ale sondelor de explorare sau exploatare, prin introducerea pandajmetrului cu înregistrare continuă, care asigură determinarea, pe întreg profilul sondei a înclinărilor și orientărilor stratelor și pe această bază obținerea imaginii structurale cu localizarea accidentelor tectonice, discordanțelor etc.

Paralel cu dezvoltarea metodelor geofizice propriu-zise, asistăm și la introducerea și dezvoltarea unor metode de cercetare directă, legate de activitatea geofizică — tester de fluide lansabil cu cablu și carotajul geochimic cu cromatografie.

Odată cu introducerea și extinderea metodelor moderne de investigație a sondelor asistăm și la o perfecționare a carotajului electric lateral prin introducerea metodei originale de determinare a rezistivității reale, D.R.R., care asigură, în anumite condiții litologice (roci nisipoase — grezoase curate), determinarea porozității și conținutului în fluide (Negoiță, 1967, 1969, 1973).

Introducerea în anul 1971 a carotajului de densitate gama-gama compensat aduce o contribuție importantă în evaluarea parametrului porozitate efectivă, mai ales în formațiunile cu compactare redusă și cu conținut mare de material pelitic, în care sînt cantonate în special gaze. Pe baza utilizării combinate a diferitelor dispozitive de porozitate (carotaj neutronic — carotaj de densitate, carotaj neutronic — carotaj acustic sau carotaj acustic — carotaj de densitate) se trece la determinarea porozității colectoarelor cu litologii complexe și determinarea principalilor constituenți mineralogici ai acestora (Negoiță, 1970).

În perioada anilor 1970—1973 s-a experimentat carotajul neutronic în regim de impuls, care oferă noi posibilități de cercetare a sondelor tubate, legate în special de determinarea limitelor apă/hidrocarburi și urmărirea deplasării lor în timp.

O contribuție importantă la valorificarea superioară a datelor de geofizică de sondă o aduce în anii 1973—1974 introducerea tehnologiei de conversie analog-numerică a diagrafiei, ceea ce permite prelucrarea pe calculator a acesteia, cu implicații pozitive în ceea ce privește eficiența, precizia, operativitatea interpretării, posibilitatea utilizării metodelor matematice moderne, utilizarea integrată a datelor din diferite tipuri de investiții în evaluări complexe etc. În acest sens se află în curs de elaborare un sistem de prelucrare automată a diagrafiei, adaptat condițiilor din țara noastră, fiind realizate deja o serie de lucrări cu caracter experimental (Babskow și alții, 1970; Negoiță, 1972, 1973).

Perioada de 25 de ani de activitate a Întreprinderii carotaj și perforare se caracterizează printr-un proces continuu de dezvoltare tehnică atît prin dotare din import, cît și prin autodotare, care a permis perfecționarea metodelor, utilajelor și aparaturii pentru investigarea geofizică, în paralel și cu celelalte metode legate de geofizica de sondă utilizate în activitatea de foraj și extracție, din care se amintesc ca semniifcative: introducerea, extinderea și generalizarea perforărilor cu jet cumulativ

(inclusiv a perforărilor cu sonda sub presiune, prin țevi de extracție), utilizarea unor dispozitive moderne pentru probele de producție ale sondelor — packere și dopuri lansabile cu cablu, determinarea înclinării orientate a găurilor de sondă în cursul forajului și altele.

Dinamica dezvoltării Întreprinderii carotaj și perforare în cei 25 de ani de activitate, poate fi semnificativă pentru sublinierea procesului de creștere a importanței acordate geofizicii de sondă în cadrul dezvoltării generale a industriei de petrol și gaze:

— numărul echipamentelor de carotaj, gaz carotaj, deviație, perforare și alte lucrări speciale a crescut de circa 3 ori;

— numărul de angajați a crescut de circa 4 ori;

— volumul producției de prestări operații geofizice a crescut din anul 1960 de circa 3 ori, iar cel al producției industriale de peste 5 ori;

— productivitatea muncii în activitatea industriaiă a crescut de aproape 2 ori (din 1960);

— volumul de mijloace fixe a crescut de circa 2 ori față de anul 1960.

La dezvoltarea geofizicii de sondă, o contribuție de seamă a avut-o creația tehnică proprie ca urmare atît a activității de cercetare și proiectare depusă în cadrul întreprinderii și a Institutului de proiectări și cercetări pentru utilaj petrolier (Dumitrescu 1968, 1969; Dumitrescu și Babskow, 1968, 1969; Sabados și Samoilă, 1969; Samoilă, 1970; Gociman și alții, 1969; Niță și alții, 1969—1972), cît și a unei largi mișcări de inventii și inovații la care și-au adus contribuția numeroși muncitori și specialiști (Vasilescu și alții, 1965, 1968, 1969; Ionescu și alții, 1968; Goilav, 1964; Niță, 1966; Tohăneanu, 1972; Iovițoiu și alții, 1971, Iovițoiu, 1971; Savu, 1969; Savu și Mălăceanu, 1969; Peteu și Caliniac, 1967; Caliniac, 1973; Babskow și alții, 1970).

În perspectivă este prevăzută continuarea și amplificrea procesului de dezvoltare a activității de geofizică de sondă printr-un vast program de dotare cu utilaje și aparatură modernă, mai ales prin autodotare, fiind preconizate ritmuri de dezvoltare care depășesc mult pe cele anterioare, atît ca volum, cît și ca nivel tehnic de realizare.

Aplicarea geofizicii de sondă pentru substanțe minerale solide a început sistematic cu 20 de ani în urmă cînd, în condițiile dezvoltării fără precedent a industriei extractive, s-a conturat necesitatea organizării unui sector distinct, grupat în prezent în cadrul Întreprinderii de foraje și lucrări geologice speciale (I.F.L.G.S.), cu problematică specifică, diferită în mare măsură de cea a utilizării geofizicii de sondă la cercetarea sondelor săpate pentru hidrocarburi.

Caracterul specific, particular, al aplicării metodelor de carotaj geofizic la investigarea sondelor de explorare pentru substanțe minerale solide, își are originea, în primul rînd, în varietatea foarte mare a substanțelor utile solide, în proprietățile fizice ale acestora și ale rocilor în care sînt cantonate și în al doilea rînd, în înseși caracteristicile sondelor, în ceea ce privește diametrul, adîncimea, natura fluidului de foraj folosit, locul sondei (la suprafață sau în subteran) și chiar accesibilitatea la sondă.

Sintetizînd principalele probleme puse carotajului geofizic la investigarea sondelor săpate pentru substanțe minerale solide, acestea sînt:

— separarea și caracterizarea „in situ" a formațiunilor după natura lor litologică și corelarea lor de la o sondă la alta;

— punerea în evidență a minereurilor și stratelor de cărbuni în formațiunile traversate prin foraje;

— determinarea grosimii și plasarea limitelor corpurilor de minereuri și stratelor de cărbuni;

— caracterizarea poziției lor structurale;

— determinarea tipului minereurilor și cărbunilor;

— evaluarea conținutului în cenușă al cărbunilor minerali și determinarea cantitativă a conținutului în substanță utilă din minereu.

În procesul aplicării și perfecționării carotajului geofizic s-a dovedit capacitatea acestuia de a da răspuns problemelor menționate, cu avantaje nete față de metodele directe de cercetare și anume:

— obținerea unui profil continuu al formațiunilor traversate de sonde;

— delimitarea corectă a stratelor de cărbuni sau corpurilor de minereu;

— stabilirea conținutului în substanță utilă al minereurilor și conținutului în cenușă al cărbunilor cu un grad de siguranță comparabil cu datele analizelor directe; datele obținute pe această cale sînt mult mai reprezentative datorită volumelor mai mari de mediu implicat în măsurătoare;

— obținerea tuturor formațiilor într-un timp relativ scurt și costul redus al operațiunilor.

Un prim domeniu de aplicare a carotajului geofizic pentru minereuri în țara noastră a fost acela al investigării sondelor de explorare pentru sulfuri complexe, la început în șantierele Bălan și Leșul Ursului (Mihailovici și Iordache, 1958). Măsurătorile electrice de rezistivitate și PS, în varianta PS — diferențial prin folosirea unor oxidanți rapizi, s-au dovedit utile în separarea zonelor mineralizate cu sulfuri de șisturile grafitoase.

Posibilitățile metodelor de carotaj geofizic pentru cercetarea sulfurilor complexe s-au multiplicat odată cu experimentarea — în laborator și teren — și introducerea metodelor radiometrice. Cele mai bune rezultate au fost obținute pentru sulfurile complexe compacte (Iordache, 1963, Voronca și alții, 1966, Iordache, 1973). Probleme noi au fost puse carotajului geofizic de cazul mineralizațiilor diseminate. Cercetările întreprinse s-au concretizat în elaborarea unei metodici de lucru eficiente cuprinzînd carotajul activării neutronice și, în unele cazuri, carotajul magnetic (Iordache, 1968, Iordache 1973, Iordache și Velcescu, 1967).

Este de menționat că se dispune în prezent de un complex eficient de metode geofizice de cercetare a sondelor de explorare pentru sulfuri complexe — compacte și diseminate — corespunzător unei varietăți mari de condiții geologice și de zăcămînt.

În paralel cu aplicarea și perfecționarea metodelor de carotaj geofizic pentru sulfuri complexe, s-a conturat un domeniu distinct de folosire a carotajului geofizic și anume la cercetarea mineralizațiilor de fier. Problemele puse investigării geofizice au fost multiple în funcție de tipul mineralizațiilor și de conținutul în substanță utilă din minereu. S-a demonstrat că, de la caz la caz, un complex de metode electrice și radiometrice în diverse variante, la care se adaugă carotajul magnetic, poate să răspundă eficient problemelor cercetării geologice a mineralizații-

lor de fier (Voronca şi alţii, 1966, Iordache şi Velcescu, 1967, Iordache, 1959, 1963, 1965, 1966, Fetcu şi alţii, 1964). Pe diferite zăcăminte au putut fi stabilite corelaţii cantitative între răspunsul metodelor geofizice şi conţinutul în fier al minereului (Iordache, 1966).

Un alt domeniu de utilizare a carotajului geofizic pentru substanţe minerale solide este acela al cercetării sondelor de explorare a cărbunilor, primele aplicaţii datînd din 1955.

În urma lucrărilor experimentale efectuate în diverse condiţii geologice, s-a stabilit că un complex de metode electrice şi radiometrice răspunde complet problemelor puse de cercetarea cărbunilor (Voronca, 1960, Bacîru, 1961, 1962, 1966, 1974, Mereu, 1964, Iordache, 1966, Rusu şi Voronca, 1964, Fetcu şi alţii, 1967, Mereu şi alţii, 1972, Bacîru şi Rusu, 1967). Eficienţa economică a aplicării metodelor geofizice la cercetarea cărbunilor s-a conturat mai precis odată cu sinteza rezultatelor obţinute în bazinul carbonifer al Văii Jiului (Bacîru, 1962, Bacîru, 1966).

Diagrafia geofizică şi-a adus contribuţii deosebite în corelarea stratelor de cărbuni pe diferite zăcăminte (Bacîru, 1961, 1962, 1974, Mereu, 1964), cu implicaţii deosebite pentru calculul rezervelor şi orientarea lucrărilor miniere.

Pe baza datelor geofizice au fost stabilite procedee de determinare a unor parametri calitativi ai cărbunilor, între care menţionăm conţinutul în cenuşă şi puterea calorifică (Fetcu şi alţii, 1967, Mereu şi alţii 1972).

Datele carotajului geofizic sînt folosite în prezent şi în stabilirea unor parametri fizico-mecanici ai rocilor (Bacîru şi Rusu, 1967), precum şi în localizarea stratelor acvifere, elemente deosebit de importante în orientarea lucrărilor miniere.

Un aport deosebit l-a adus geofizica de sondă la investigarea sondelor de explorare pentru săruri de sodiu şi potasiu, mergînd pînă la determinări cantitative pe tipuri de săruri şi conţinut de impurităţi (Marghitu şi alţii, 1959, Cojocaru 1966, Cojocaru şi Ianăş, 1966, Iordache şi Fetcu, 1974).

Noi domenii de activitate se conturează geofizicii de sondă pentru cercetarea mineralizaţiilor platinice, a şisturilor bituminoase, a argilelor refractare şi a altor roci utile ; aplicaţii specifice revin geofizicii de sondă în domeniul hidrogeologiei şi geologiei inginereşti (Iordache şi Florea, 1971, Iordache, 1973).

Se poate spune că în prezent, geofizica de sondă îşi aduce o contribuţie importantă la fundamentarea complexă a studiilor geologice pentru diverse substanţe minerale utile.

Preocupările actuale şi de perspectivă prevăd dezvoltarea şi perfecţionarea carotajului geofizic pentru substanţe minerale solide. Varietatea mare de substanţe utile şi condiţii geologice şi tehnice impune, mai mult ca în alte domenii, cercetări experimentale cît mai complete pentru adaptarea programului de investigare geofizică la aceste condiţii.

Dezvoltarea importantă a geofizicii de sondă, creşterea ponderii acesteia în cadrul geofizicii aplicate şi lărgirea domeniului de aplicabilitate nu ar fi fost posibile în afara unei pregătiri corespunzătoare a cadrelor.

În cadrul şcolii româneşti de geofizică organizată şi condusă de profesorii Sabba Ştefănescu, Iulian Gavăt şi Liviu Constantinescu, s-a acordat

o atenție deosebită pregătirii studenților geologi și geofizicieni în domeniul geofizicii de sondă, ponderea acesteia crescînd continuu odată cu multiplicarea mijloacelor de investigație și lărgirea domeniului de aplicabilitate.

În prezent, geofizica de sondă, cuprinzînd totalitatea metodelor moderne de carotaj geofizic și interpretare complexă a datelor, constituie o disciplină obligatorie în pregătirea viitorilor ingineri geologi și geofizicieni care vor lucra în domeniul explorării și exploatării substanțelor minerale utile solide și fluide (Neguț, 1972).

În acțiunea complexă de pregătire a cadrelor în probleme de geofizică de sondă, în scopul creșterii contribuției acesteia la descoperirea și valorificarea substanțelor minerale utile se înscriu și cursurile de perfecționare a geologilor din industria petrolieră, organizate de Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei la Întreprinderea carotaj și perforare-Ploiești (Peteu, 1965; Stoicescu și alții, 1966, 1969; Babskow și alții 1972), precum și cursurile de pregătire postuniversitară a geologilor și geofizicienilor din industria minieră și petrolieră.

În încheiere trebuie arătat că, prin sarcinile care îi stau în față și prin obiectivele care și le propune, geofizica de sondă se integrează în efortul colectiv de descoperire și punere în valoare a rezervelor de hidrocarburi și alte substanțe minerale utile, în contextul general al dezvoltării economice și sociale a României.

Primit la redacție la 29 aprilie 1975

BIBLIOGRAFIE

1. I. Tănăsescu, *Studii preliminare asupra regimului termic în regiunile petrolifere din România.* Anuarul Inst. geol. al României, **V** (1911).
2. C. Schlumberger, M. Schlumberger, *Electrical Coring: Its Application in Rumania in 1931—32.* Preprint nr. 9, World Petroleum Congress, London, 1933.
3. C. Schlumberger, M. Schlumberger, E. G. Leonardon, *Electrical Coring; a Method of Determining Bottom-hole Data by Electrical Measurements.* The American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Technical Publication, nr. 462, New York, 1932.
4. M. Martin, *Les procédés Schlumberger d'Exploration Electrique des Sondages.* Conférence faite le 14 Juin 1946 à l'Association Française des Technicienes du Pétrole.
5. * * * Colecția „Moniteur du Pétrole Roumain", 1927—1935.
6. * * * Colecția „Revistele Tehnice A.G.I.R.-Petrol", 1948—1950.
7. Gr. Zmieureanu, *Contribuții la istoricul industriei petrolifere române.* Cons. Asoc Ing. și Tehn. din Industria Minieră, 1931.
8. Gr. Zmieureanu, *Călăuza perforatorului de foraj,* Edit. tehnică, 1954.
9. M. H. Johnson, *A History of Well Logging,* Geophysics, **XXVII**, *4* (1962).
10. G. I. Peteu, *Aplicațiile radioactivității în industria petrolului,* Edit. tehnică, 1959.
11. G. Peteu, A. Babskow, *Etalonarea și calibrarea aparaturii de carotaj radioactiv.* Referat I.C.P. Ploiești, 1965.
12. V. Negoiță, *Procedeu și dispozitiv pentru carotajul electric al sondelor.* Brevet de invenție R.S.R. nr. 51504/1967, Brevet Rép. Française 1560652/feb. 1969.
13. V. Negoiță, *Interpretarea cantitativă a diagrafiilor obținute prin metoda D.R.R.* St. cerc. geol. geofiz. geogr., seria geofizică, **11** (1973).
14. V. Negoiță, *Contribuții privind determinarea compoziției mineralogo-petrografice și a porozității rocilor carbonatice.* Petrol și gaze, **21**, *10* (1970).
15. A. Babskow, V. Negoiță, C. Niță *Interpretarea automată a pandajmetriei continue cu ajutorul calculatoarelor numerice.* Petrol și gaze, **XXI**, *11*, 643—655, (1970).

16. V. Negoiță, *Mathematical Models for Computer Processing of Borehole Logs obtained in Carbonate Rocks.* Rév. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., Série de Géophysique, **16,** *2,* 231—248 (1972).
17. V. Negoiță, *Mathematische Modelle zur Computerbearbeitung der in Karbonatgesteinen erhaltenen Bohrloch messergebnise.* Erdoel — Erdgas Zeitschrift, Nov. 1973.
18. S. Dumitrescu, *Metode electronice de măsură în investigarea geofizică a găurilor de sonde.* Petrol și gaze, *10* (1968).
19. S. Dumitrescu, *Unele probleme ale siguranței în funcționare a aparaturii geofizice lucrînd în găuri de sondă de mare adîncime.* Petrol și gaze, *2* (1969).
20. S. Dumitrescu, A. Babskow, *Probleme legate de realizarea unei aparaturi de carotaj sonic (acustic) în R.S.R.* Petrol și gaze, **19,** *11,* 669—677 (1968).
21. S. Dumitrescu, A. Babskow, *Contribuții la realizarea unei aparaturi de carotaj sonic (acustic) în R.S.R.* Petrol și gaze, **20,** *6,* 433—439 (1969).
22. G. Vasilescu, N. Ghinea, I. Halpern, T. Sibianu, *Perforator cumulativ în carcasă de protecție.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 41, 1965.
23. G. Vasilescu, I. Halpern, M. Marinescu, N. Cotler, I. Petrescu, *Dop de etanșare pentru coloane.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 42, 1968.
24. G. Vasilescu, I. Halpern, N. Cotler, M. Pămîntaș, *Procedeu și dispozitiv de fixare în coloane pentru probarea stratelor cu utilizare largă în extracție (packer).* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 1, 1969.
25. N. Ionescu, M. Chersan, G. Zmieureanu, I. Cozma, *Amestecuri pirotehnice pentru perforarea cu proiectil a sondelor.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 10, 1968.
26. S. Goilav, *Termometru de sondă cu fir de platină.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 3, 1964.
27. N. Niță, *Aparat de luat probe laterale din peretele găurii de sondă.* Brevet de invenție R.S.R. nr. 51042, 1966.
28. I. Tohăneanu, *Metodă radiometrică de determinare a sodiului și magneziului în fluidele de strat.* Brevet de invenție R.S.R. nr. 72202, 1972.
29. N. Iovițoiu, C. Ailincăi, N. Dumitrescu, *Dispozitiv și traductor pentru indicator de greutate în operațiunile geofizice de sondă.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 27, 1971.
30. I. Iovițoiu, *Aparat pentru măsurarea deviației și orientării găurilor de sondă prin prăjini fără autogranic.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 19, 1971.
31. I. Savu, *Metodă de determinare a cantității de argilă și a porozității utile în formații argiloase.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 26, 1969.
32. I. Savu, Steliana Mălăceanu, *Metodă de interpretare a pandajmetriei continue.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 32, 1969.
33. G. Peteu, N. Caliniac, *Procedeu și aparat pentru determinarea capacității de schimb dinamice a rășinilor schimbătoare de ioni.* Brevet de invenție R.S.R. nr. 057037, 1967.
34. N. Caliniac, *Electrodă de carotaj radioactiv neutron-neutron, cu ∅80mm.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 6, 1973.
35. A. Babskow, Silvia Mihai, N. Alexandrescu, *Panou laterolog-7 tranzistorizat.* Propunere de inovație, I.C.P. Ploiești, nr. 15, 1970.
36. G. Sabados, M. Samoilă, *Extinderea folosirii modelării analogice la stabilirea principiilor de funcționare a aparaturii geofizice.* Petrol și gaze, **20,** *5,* 339—345 (1969).
37. M. Samoilă, *Cercetări în vederea realizării panoului și dispozitivului de sondă pentru carotaj radioactiv cu contori de scintilație.* SCE-347, P, IPCUP, București, 1970.
38. M. Gociman, S. Dumitrescu, A. Babskow, Radu Papina, *Studiu de cercetare cu experimentare, în vederea aplicării carotajului acustic (sonic).* SCE-251P, IPCUP, București, 1969.
39. C. Niță, S. Mihai, A. Babskow, N. Alexandrescu, *Documentație privind cercetări și experimentări în vederea realizării aparaturii de carotaj inductiv.* I.C.P. Ploiești, 1969—1972.
40. N. Mihailovici, S. Iordache, *Măsurători electrice în sondele de explorare pentru minereuri.* Revista minelor, *12* (1958).
41. S. Iordache, *Contribuția metodelor radioactive la cercetarea substanțelor minerale utile.* Tehnica nucleară, *7* (1963).
42. Al. Voronca, E. Fetcu, Gh. Mirică, M. Pop, Gr. Scurtu, V. Stokel, *Aplicarea carotajului geofizic la explorarea zăcămintelor de cărbuni și minereuri prin sonde în România,* Studii tehnice și economice, seria D, *6* (1966).
43. S. Iordache, *Contribuția diagrafiei geofizice la investigarea sulfurilor complexe din forajele de explorare,* St. cerc. geol. geofiz., geogr., seria geofizică, **11,** *2,* 343—358 (1973).

44. S. Iordache, *Metodă și dispozitiv pentru investigarea găurilor de sondă*, Brevet de invenție nr. 49336, 1968.
45. S. Iordache, R. Velcescu, *Măsurători magnetice utilizate în explorarea minereurilor prin foraje*. St. cerc. geol., geofiz. geogr., seria geofizică, **5**, *1*, 155—161 (1967).
46. S. Iordache, *Rezultate privind măsurătorile geofizice aplicate în prospectarea și explorarea minereurilor metalifere*. Revista minelor, *10*, 406—412 (1969).
47. S. Iordache, *Cercetarea zăcămintelor de minereuri de fier prin măsurători geofizice de sondă*, Studii tehnice și economice, seria D, *6*, 71—141 (1966).
48. S. Iordache, *Contribuția metodelor radioactive la cercetarea substanțelor minerale utile*, Tehnica nucleară, 7 24—32, (1963).
49. S. Iordache, *Metoda gama de activare utilizată în explorarea prin sonde a minereurilor de fier*, Bulet. Soc. de Științe Geologice din R.S.R., **10**, 319—337 (1965).
50. S. Iordache, *Determinarea geofizică a conținuturilor în metal din sondele de explorare a zăcământului de minereu de fier din masivul Harghita*, St. cerc. geologie, *1* (1966).
51. E. Fetcu, Gh. Mirică, Al. Voronca, *Observații privind carotajul geofizic aplicat la zăcămintele minerale solide*. Comunicare la al III-lea Simpozion de prosp. geof. și fizica scoarței globului în R.S.R., 1964.
52. Al. Voronca, *Aplicarea procedeelor geofizice la explorarea zăcămintelor de cărbuni*, București, I.D.T., 1960.
53. Al. Voronca, *Rezultate geofizice obținute prin măsurători geofizice la sondele de explorare din bazinul carbonifer Valea Jiului*. Revista Minelor, *2* (1960).
54. P. Bacîru, *Cîteva cazuri de radioactivitate naturală foarte crescută a unor strate de cărbune din Valea Jiului. Influența acestei radioactivități asupra interpretării diagramelor de carotaj geofizic*. Revista Minelor, *10*, 447—452 (1961).
55. P. Bacîru, *Contribuții la corelarea stratelor din bazinul carbonifer al Văii Jiului, pe baza măsurătorilor geofizice de sondă*. Revista minelor, *10*, 460—469 (1962).
56. I. Mereu, *Contribuții la sinonimizarea pe calea geofizică a stratelor de cărbune din zăcământul Surduc*. Comunicare la al III-lea Simpozion de prosp. geof. și fizica scoarței globului în R.S.R., 1964.
57. P. Bacîru, *Contribuții la corelarea stratelor din bazinul carbonifer al Văii Jiului pe baza măsurătorilor geofizice de sondă*. Studii tehnice și economice, seria D, *6*, 5—25 (1966).
58. S. Iordache, *Metoda geofizică nucleară de determinare a stratelor de cărbuni*. Brevet de invenție nr. 42623/1966 Cz. H—05—d.
59. T. Rusu, Al. Voronca, *Rezerve suplimentare obținute prin carotajul geofizic în sondele de explorare forate în bazinul carbonifer Valea Jiului — TPEM*. Comunicare la al III-lea Simpozion de prosp. geof. și fizica scoarței globului în R.S.R., 1964.
60. E. Fetcu, D. Zorilescu, Gh. Mirică, *Estimarea cu ajutorul statisticii matematice a conținuturilor medii de cenușă în stratele de cărbuni pe baza înregistrării curbei gama-naturale*. Bulet. geologic al Min. Minelor, *2* (1967).
61. I. Mereu, L. Ionescu, Gh. Stănescu, *Studii privind determinarea parametrilor fizici ai lignitilor (determinări cantitative). Aplicație pe zăcământul Rovinari*. Comunicare la al VII-lea Simpozion de prosp. geof. și fizica scoarței globului în R.S.R., 1972.
62. P. Bacîru, *Noi precizări geofizice asupra corelării stratelor de cărbuni din Valea Jiului*, Comunicare la al VIII-lea Simpozion de prosp. geof. și fizica scoarței globului în R.S.R., 1974.
63. P. Bacîru, T. Rusu, *Considerații geologice privind tăria rocilor din bazinul carbonifer Valea Jiului*, Revista minelor, *4* 160—164 (1967).
64. V. Marghitu, C. Panaitescu, L. Cojocaru, *Determinarea potasiului prin măsurători radiometrice la explorarea zăcămintelor de săruri de potasiu*. Tehnica nucleară, I.D.T., *1* (1959).
65. L. Cojocaru, *Măsurători de geofizică industrială pentru explorarea zăcămintelor de sare gemă și săruri de potasiu din zona subcarpatică a Carpaților Răsăriteni*. Studii tehnice și economice, seria D, *6* (1966).
66. L. Cojocaru, M. Ianăș, *Asupra determinării densității din datele carotajului gama-gama*. St. cerc. geol., geofiz., geogr., seria geofizică, *4*, *1*, 125—131 (1966).
67. S. Iordache, E. Fetcu, *Contribuția diagrafiei geofizice la stabilirea conținuturilor de săruri de sodiu și potasiu*. Comunicare la al VIII-lea Simpozion de prosp. geof. și fizica scoarței globului în R.S.R., 1974.
68. S. Iordache, I. Florea, *Contribuția diagrafiei geofizice în stabilirea durității rocilor*. Comunicare la al VIII-lea Congres Mondial al Petrolului, Moscova, 13—19 iunie, p. 43—47, 1971.

69. S. Iordache, S. *Contribuția diagrafiei acustice în stabilirea unor parametri de determinare a performanței forajului*. Petrol și gaze, 7, 415—419 (1973).
70. A. Neguț, *Geofizica de sondă — Partea I — Metode geofizice de investigare a sondelor*. Multipl. IPGG, București, 1972.
71. A. Neguț, *Geofizica de sondă — Partea a II-a — Interpretarea rezultatelor metodelor geofizice de investigare a sondelor*. Multipl. IPGG, București, 1972.
72. G. Peteu, *Metode de investigare geofizică în găurile de sondă*. Centrul de doc. al Ind. petrolului și chimiei, București, 1965.
73. Șt. Stoicescu, G. Peteu, *Geofizica de șantier, p. II. Aparatură de geofizică industrială*. Centrul de doc. al Industriei chimice și petroliere, București, 1966.
74. Șt. Stoicescu, I. Savu, M. Chersan, V. Negoiță, A. Babskow, G. Peteu, St. Mălăceanu, G. Vasilescu, N. Iovițoiu, *Cursul de perfecționare a geologilor în probleme de geofizică de sondă*. Întrepr. de carotaj și perforare-Ploiești și Centrul de doc. al Industriei chimice și petroliere, 1969.
75. A. Babskow, V. Iamandi, S. Mălăceanu, I. Savu, S. Stoicescu, G. Vasilescu, *Îndrumător pentru perfecționarea pregătirii profesionale a cadrelor superioare în probleme de geofizică de sondă*. Of. de doc. și publ. tehnice, MMPG, București, 1972.
76. M. Georgescu și colaboratori, *Documentație privind realizarea stației automate de carotaj ASC—1*. I.C.P. Ploiești, 1960.

SOME ASPECTS OF INTRODUCTION AND DEVELOPMENT OF WELL LOGGING IN ROMANIA

(ABSTRACT)

The main aspects of introduction and development of well logging in Romania are presented in the paper. Three different stages can be distinguished :

1. The stage of sporadic application of physical measurements in the boreholes, from 1906 to 1930 ;

2. The stage of systematic introduction and application of electrical logging, supplemented by other geophysical methods for boreholes research, from 1931 to 1950 and;

3. The stage of multiple development of borehole geophysics methods, from 1950 to present time.

The problems of well logging application are presented in close connection with the exploration and exploitation technology of hydrocarbons, coals, ores and mineral salts deposits.

APORTUL CERCETĂRILOR DE GEOFIZICĂ APLICATĂ LA ACTIVITATEA DE PROSPECȚIUNE *

DE

DRAGOMIR ROMANESCU

Institutul de geologie și geofizică, str. Caransebeș nr. 1, București

În comunicarea de față prezentăm pe scurt și în linii cu totul generale anumite preocupări ale unităților de cercetare geofizică existente în trecut în țara noastră și anume Institutul de geologie, geofizică și geografie și Centrul de cercetări geofizice ale Academiei R.S. România și Institutul de geofizică aplicată al MMPG, sau care funcționează în prezent adică Institutul de geologie și geofizică al MMPG. Vom aminti numai acele preocupări ale unităților enumerate care au urmări directe în activitatea de prospecțiune geofizică.

La centrul de cercetări geofizice, care a ființat între anii 1961 și 1970 s-au continuat cercetările inițiate în cadrul sectorului de geofizică existent la Institutul de geologie, geofizică și geografie între anii 1958—1961. Dintre acestea menționăm cercetările geomagnetice, cercetările referitoare la dezvoltarea bazei teoretice a metodelor de prospecțiuni gravimetrice și magnetice și pentru introducerea metodelor matematice moderne și a calculului electronic în interpretarea rezultatelor măsurătorilor de teren obținute prin aceste metode, precum și studiile pentru dezvoltarea teoriei prospecțiunilor electrometrice prin introducerea mediilor α și prin luarea în considerare a anizotropiei în interpretare. S-au inițiat cercetările asupra fluxului termic.

Un moment important în dezvoltarea cercetării geofizice din țara noastră l-a constituit înființarea la 6 mai 1966 a Institutului de geofizică aplicată, care la 16 iunie 1974 a fuzionat cu Institutul geologic creindu-se Institutul de geologie și geofizică.

Începerea activității în cadrul Institutului de geofizică aplicată s-a bazat pe experiența, acumulată în activitatea de prospecțiune, a cadrelor care au format nucleul său de bază și pe îndrumările competente date de personalități din domeniul științelor pământului din țara noastră. Sarcinile acestui institut și în prezent ale laboratoarelor de geofizică din Institutul de geologie și geofizică, în ceea ce privește cercetarea aplicativă cu prelungiri în domeniul prospecțiunilor — în linii generale — sînt : elaborarea hărților geofizice naționale ; alcătuirea de sinteze geofizice pe unități și subunități structurale ; elaborarea de metodologii și metode noi de prospecțiune geofizică, adaptate la condițiile geologice specifice ale țării noastre ; cercetări avînd ca obiect îmbunătățirea calității lucrărilor

* Lucrare prezentată în cadrul sesiunii organizată miercuri 26 februarie 1975 de către Academia R. S. România și Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înființarea Secției de prospecțiuni a Institutului geologic al României.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM 13, P. 77—82, BUCUREȘTI, 1975

geofizice, de teren și de interpretare, în special a prelucrării și interpretării datelor prin elaborarea de algoritmi și programe pentru trecerea la prelucrarea automată; îmbunătățirea parametrilor tehnici ai aparaturii existente și realizarea de noi aparate pentru lucrări de teren și laborator.

Hărțile gravimetrice și magnetice naționale la scara 1 :200.000 se realizează pe baza datelor existente, completate cu măsurători noi în zonele cu grad de acoperire necorespunzător, printr-o metodologie unitară de prelucrare a materialului primar. Au fost alcătuite pînă în prezent machete care cuprind aproape 65% din teritoriul țării.

Harta curenților telurici se realizează, la aceeași scară, pe baza datelor obținute de către formația de teren a institutului nostru care a acoperit pînă în prezent cu măsurători teritoriul Dobrogei și Munteniei.

Schițarea principalelor aspecte ale cîmpurilor gravității, geomagnetic și teluric, definește ariile de perspectivă pentru diferite substanțe minerale utile, fundamentînd lucrările geofizice de detaliu și studiile de prognoză.

Tot la capitolul hărți naționale amintim redactarea primei imagini a hărții mișcărilor crustale verticale recente la scara 1 :1 000 000 și integrarea acesteia în harta Europei, lucrare care oferă date interesante pentru studiile de neotectonică.

Interpretarea geologică integrată a datelor geofizice, pe baza unor materiale de sinteză din diferite unități structurale, sau a unor monografii pe substanțe minerale utile, reprezintă o activitate cu prelungiri importante pentru prospecțiunea geofizică, geologică și pentru explorare.

Astfel, sinteza datelor geofizice din Munții Metaliferi a condus la stabilirea unor legități interesante care au permis localizarea principalelor arii de perspectivă pentru cupru porfiric. Sinteza datelor geofizice din Depresiunea Transilvaniei a oferit o imagine inedită a morfologiei și structurii fundamentului cristalin și a permis definirea principalelor forme structurale. Descifrarea structurii formațiunilor de fliș și de molasă din Carpații Orientali a permis obținerea unor informații noi, care deschid perspective pentru investigarea formațiunilor platformice prinse sub încălecarea pînzelor carpatice. Monografia masivelor de sare din R.S. România, realizată îndeosebi pe baza datelor gravimetrice, constituie o lucrare de mare amploare, soldată cu delimitarea a peste 150 zone de perspectivă.

La aceste realizări se adaugă încercările care se efectuează în prezent în cadrul Institutului de geologie și geofizică pentru delimitarea principalelor zone de interes pentru ape termale din Depresiunea Panonică, preocupare majoră a statului nostru în vederea introducerii în circuitul economic a noi surse de energie. În fine, amintim lucrările de sinteză a datelor geofizice din zona Palazu Mare care, pe baza unui nou model structural, asigură dezvoltarea lucrărilor de explorare.

O parte însemnată a fostului Institut de geofizică aplicată, care activează în prezent în laboratoarele de geofizică ale Institutului de geologie și geofizică a avut și are ca preocupare introducerea de metode și metodologii geofizice noi și ameliorarea celor existente în vederea creșterii continue a eficienței lucrărilor de prospecțiune.

Rezultate bune au fost obținute în domeniul electrometriei, prin introducerea și experimentarea pentru prima dată în țara noastră a unor

tehnici moderne de măsurare și metode de prospecțiune ca : tehnica de măsurare pentru metoda polarizației induse în domeniul de timp, care utilizează pentru generarea cîmpului primar impulsuri periodice cu durată scurtă (1968) ; tehnica de măsurare pentru metoda polarizației induse în domeniul de frecvență (1969) ; metoda fenomenelor electromagnetice tranzitorii (1971).

Tehnicile de măsurare introduse pentru metoda polarizației induse, cea mai importantă metodă geofizică de prospectare a minereurilor neferoase, mai ales a acelora cu conținut sărac, a condus la creșterea eficienței și productivității acestei metode reducînd în același timp costul pe unitatea de suprafață investigată. Amintim de asemenea cercetările efectuate pentru introducerea în practica prospecțiunilor a metodelor electrometrice în subteran, metode menite să valorifice pe plan superior eforturile materializate în executarea lucrărilor miniere.

În procesul experimentării, de către formațiile de teren, a metodelor geoelectrice au fost obținute și rezultate interesante din punct de vedere geologic-minier, concretizate prin propuneri de lucrări de explorare în Munții Metaliferi, Banat, Munții Tibleș, Munții Călimani-Harghita ca și în cristalinul Carpaților Orientali. Cercetători ai institutului nostru au aplicat unele dintre aceste metode în lucrările pe care le-au executat, cu bune rezultate, în Zambia și le folosesc în prezent în Algeria.

Interesul crescînd de care se bucură în ultimii ani prospecțiunea geotermică s-a concretizat în preocupările noastre prin abordarea sistematică, din anul 1969, a unor cercetări care au urmărit, pe de o parte, stabilirea de metodologii optime, adecvate problemelor geologice de rezolvat și, pe de alta, construirea de aparatură. S-a reușit astfel stabilirea întregii metodologii de prospectare geotermică a zonelor geotermale, folosindu-se aparatură proprie. Totodată experimentările efectuate în teren au condus la unele concluzii pozitive privind reducerea ambiguității interpretării geologice a cauzelor anomaliilor geoelectrice legate de existența unor mineralizații de sulfuri polimetalice cantonate la adîncimi mici în formațiunile grafitoase din zona cristalino-mezozoică a Carpaților Orientali. Paralel cu aceasta există preocupări pentru studiul fluxului termic, în scopul punerii în evidență a unor resurse energetice de tip geotermal care nu au manifestări de suprafață. Rezultate interesante în acest sens au fost obținute pînă în prezent în Cîmpia Panonică, Bazinul Streiului, Valea Cernei, Munții Harghita.

Cercetările radiometrice executate pe teren, cu aparatură de construcție proprie, au condus la stabilirea unei metodologii de prospectare a mineralizațiilor slab radioactive, care a devenit o metodă de prospecțiune curentă. În timpul lucrărilor de experimentare s-au obținut și rezultate geologico-miniere în zona Gheorghieni-Ditrău, în Delta Dunării și în zona din fața Deltei. A fost adaptată tehnica cercetărilor de aerospectrometrie gamma și executate primele măsurători din elicopter, care au permis elaborarea hărților cîmpului global de radiații gamma și ale radiațiilor de toriu, uraniu și potasiu pentru un perimetru din Carpații Orientali.

În domeniul seismometriei contribuția cea mai importantă se apreciază a fi aplicarea acestei metode (folosită mai ales la studiul structurii seriilor sedimentare) la cercetarea limitelor de discontinuitate elastică

situate la mică adîncime. În acest scop s-au realizat atît construirea unei aparaturi capabile să favorizeze înregistrarea undelor seismice de înaltă frecvenţă cît şi stabilirea unei metodologii adecvate a lucrărilor de teren şi a celor de valorificare a datelor de observaţie. S-au oferit astfel activităţii de prospecţiune, baza materială şi procedeele de lucru pentru abordarea unor probleme geologice dificile, cum sînt cele legate de acumulările de substanţe minerale solide. Experimentările efectuate în zona cu bauxită de la Ohaba-Ponor au satisfăcut deplin exigenţele geologilor care conduc lucrările de explorare. Rezultate interesante au fost obţinute şi la stabilirea grosimii sării în culcuşul şi acoperişul salinelor, la urmărirea fisurilor din stîlpii de susţinere din saline etc. Recent, seismometria de înaltă frecvenţă a fost experimentată la obţinerea de informaţii asupra morfologiei pereţilor verticali ai masivului de sare de la Slătioarele, folosindu-se măsurători în sonde. Experimentările au fost încununate de succes iar metodologia stabilită stă la îndemîna prospectorilor pentru efectuarea în continuare a unor astfel de determinări.

O altă contribuţie deloc neglijabilă, pe care cercetarea în domeniul seismometriei a adus-o la lămurirea unor probleme ale prospecţiunii, se referă la detectarea, prin seismica de refracţie, a suprafeţei fundamentului cristalin. Aplicîndu-se metodica sondajului seismic de profunzime pentru studiul limitelor adînci s-au stabilit că, de multe ori, undele care au fost considerate anterior ca provenite de la fundament, alunecau în realitate pe alte formaţiuni, calcare sau gresii paleozoice, situate deasupra formaţiunilor cristaline. Cercetările noastre au fost utile prospectorilor nu numai prin simpla constatare a acestui fapt, dar şi prin aceea că s-au indicat procedee care să fie folosite pentru ca detectarea fundamentului cristalin să se efectueze cu mai multă certitudine.

Nu se poate încheia prezentarea contribuţiei activităţii de cercetare în domeniul seismometriei fără a se arăta că tot în cadrul acestei activităţi s-a abordat şi rezolvat problema prospectării structurii formaţiunilor situate la foarte mare adîncime, ceea ce a implicat nu numai stabilirea metodologiei de lucru dar şi executarea unui volum relativ important de lucrări pentru studierea scoarţei terestre pe cîteva profile. Unele din procedeele elaborate de cercetătorii noştri, cum este sondajul seismic pe dispozitiv circular, se bucură de aprecierea unanimă a specialiştilor din alte ţări care lucrează în acest domeniu.

O altă preocupare a fost lărgirea domeniului de aplicabilitate a gravimetriei la cercetarea unor elemente structurale ascunse sau a unor acumulări de substanţe minerale utile cu dimensiuni reduse. Astfel au fost elaborate metodologii adecvate de investigare a flişului extern din Carpaţii Orientali în zone în care acesta este mascat de formaţiuni acoperitoare subţiri, şariate, de conturare a corpurilor şi filoanelor de baritină de tip Ostra, de delimitarea unor goluri carstice prin folosirea microgravimetriei de înaltă precizie. O atenţie deosebită a fost acordată cercetărilor gravimetrice în subteran.

Din domeniul magnetometriei amintim trecerea la metrologia magnetică cuantică şi stabilirea metodologiei de lucru cu acest nou tip de aparate atît la sol cît şi pe mare. Pe baza acestei metodologii s-a realizat, cu mijloace modeste în cadrul institutului, prima hartă magnetică a platformei continentale a Mării Negre în dreptul ţărmului românesc.

Problema introducerii de metode perfecţionate pentru prelucrarea şi interpretarea datelor geofizice a constituit o preocupare importantă, obţinîndu-se o serie de realizări dintre care citäm : metoda de netezire automată a datelor cu ajutorul filtrării ; stabilirea efectului anizotropiei în rezultatele prospecţiunii geoelectrice ; metoda de prelucrare şi interpretare a măsurătorilor bazate pe fenomenul de inducţie geoelectromagnetică ; transformarea imaginilor primare gravimetrice şi magnetice cu ajutorul filtrării în domeniul spectral ; procedee de interpolare automată în reţele de formă geometrică a datelor măsurate în reţele neuniform spaţiate ; procedee de modelare a surselor de anomalii geofizice prin metode moderne (element finit, iteraţii) ; metoda de stabilizare a transformărilor de date ; utilizarea metodei grafurilor în interpretarea datelor electrometrice ; algoritmi şi programe de calcul pentru modelarea bi şi tri dimensionale a cauzelor anomaliilor gravimetrice şi magnetice ; algoritmi şi programe de calcul pentru efectuarea automată a reducerilor de relief în gravimetrie ; algoritmi şi programe de calcul pentru interpretarea măsurătorilor electrometrice (sondaje verticale şi curenţi telurici).

Cercetările teoretice au condus în toate cazurile la elaborarea de programe de calcul automat, care au fost testate pe cazuri teoretice şi apoi utilizate pe cazuri reale.

Tot în domeniul îmbunătăţirii calităţii lucrărilor geofizice şi a interpretării rezultatelor acestora se înscriu şi cercetările asupra proprietăţilor fizice ale rocilor, care se execută uneori în paralel cu cercetările pe modele reduse. S-a stabilit metodologia de determinare a polarizabilităţii şi rezistivităţii electrice, pe probe şi „in situ", a rocilor, precum şi aceea de modelare în laborator a anomaliilor de polarizaţie indusă şi rezistivitate. Se execută măsurători de proprietăţi radioactive. Se fac determinări de susceptibilitate magnetică pe probe sau „in situ" prin metode rapide, precum şi determinări de magnetizare remanentă pe probe cu geometrie regulată ; se execută măsurători ale densităţii rocilor pe probe şi ale conductivităţii termice. De curînd s-au iniţiat măsurători de proprietăţi elastice. Considerăm însă că întregul domeniu al cercetărilor petrofizice trebuie încă foarte mult dezvoltat.

Construcţia de aparatură reprezintă un alt domeniu, e drept cu rezultate modeste, dar care uneori a reuşit să umple goluri importante din dotare şi să aducă economii valutare substanţiale. Subliniem cîteva succese ale acestei activităţi concretizate în realizarea de : staţii seismice de înaltă frecvenţă, radiometre portabile, cîteva tipuri de aparate geotermometrice cu accesoriile respective, aparatura de teren şi laborator pentru studiul fluxului termic, prototipuri de geofoni, aparatură geoelectrică de teren şi pentru studii pe modele reduse în laborator, aparatură pentru măsurarea susceptibilităţii magnetice.

Amintim, de asemenea, activitatea observatorului Surlari, care prezintă o deosebită importanţă pentru prospecţiunea magnetometrică şi cea cu ajutorul curenţilor telurici.

Înregistrarea elementelor geomagnetice se face astăzi prin mai multe sisteme, în condiţii de termostatare comandată electronic şi este prevăzută cu dispozitive automate de control de înaltă precizie. Nivelul înregistrărilor este măsurat cu magnetometre protonice sau de inducţie, controlate reciproc cu instrumente de tip QHM şi BMZ. Un nou laborator

al observatorului este destinat cercetărilor telurice şi magnetotelurice. Înregistratoare magnetice portabile amplasate temporar în peste 200 staţii pe teritoriul ţării furnizează date pentru studiile asupra caracterelor generale şi particularităţilor locale ale distribuţiei cîmpului variaţiilor geomagnetice. Experienţa acumulată a determinat perfecţionarea metodologiei de înregistrare şi mai ales de prelucrare a datelor, conducînd la realizarea primelor sondaje geomagnetice şi la conturarea unei noi metode de investigare a subsolului.

Specialişti din cadrul observatorului au contribuit şi contribuie la activitatea de instalare a unor laboratoare pentru înregistrarea variaţiilor geoelectromagnetice şi pentru studiul proprietăţilor fizice ale rocilor în Italia şi Algeria.

Nu putem încheia această succintă prezentare fără a remarca faptul că obiectivele cercetării geofizice aplicative din ţara noastră ocupă astăzi un domeniu larg şi foarte divers. Este, însă fără îndoială, meritul înaintaşilor noştri, care au învins greutăţile inerente începutului şi au ştiut să transmită experienţa lor,contribuind la crearea unei adevărate şcoli geofizice româneşti. Dar nu trebuie uitat că modul în care cercetarea geofizică aplicativă a reuşit să se impună în ultimii ani se datorează în mare măsură elanului şi pasiunii tinerilor geofizicieni de astăzi, angajaţi cu dăruire în activitatea lor, depăşindu-şi întotdeauna strictele obligaţii de plan, contribuind la promovarea noului şi abordînd cu curaj probleme de mare dificultate.

Este evident că, în aceste condiţii, putem privi cu încredere în viitor, fiind convinşi că sarcinile din ce în ce mai grele care stau în faţa activităţii de cercetare geofizică aplicativă vor fi îndeplinite integral şi la un nivel calitativ corespunzător aşteptărilor.

Primit la redacţie la 29 aprilie 1975

APPLIED GEOPHYSICS RESEARCH CONTRIBUTION TO EXPLORATION ACTIVITY

(ABSTRACT)

The interest taken by the former on the present research units in fields of activity directly connected to the geophysical exploration, is shown. An important moment for the development of the geophysical research in Romania is the establishing of the Institute of Applied Geophysics in 1966. Since 1974 the whole geophysical research activity has been carried out by the Institute of Geology and Geophysics.

The results obtained in developing methods and techniques are briefly presented together with the part taken by these results in solving geological problems.

PERSPECTIVE DE VIITOR ALE GEOFIZICII ROMÂNEȘTI*

DE

RADU BOTEZATU

Universitatea București

1. În etapa actuală, folosirea metodelor geofizice, împletirea organică a cercetării geologice cu cea geofizică, nu mai reprezintă un simplu deziderat ci o formă curentă de activitate ; și dacă mai există unele devieri de la această regulă adoptată pe scară largă la aplicarea metodelor geofizice în țara noastră, acestea provin în primul rînd de la capacitatea de execuție a unor astfel de lucrări care, fiind limitată, impune stabilirea de priorități. În acest sens este interesant de semnalat că deși ritmul de îmbunătățire, amplificare și diversificare a dotării unităților geofizice este foarte intens, creșterile de la an la an atît ca număr de unități cît și ca productivitate realizată fiind notabile, necesitatea de detaliere din ce în ce mai avansată a zonelor de interes face ca — sub aspectul suprafețelor de acoperit — capacitatea de execuție geofizică să nu crească în același ritm.

Una dintre problemele care interesează în gradul cel mai înalt dezvoltarea pe mai departe a economiei țării noastre, cu implicații adînci și în cercetarea geofizică, o constituie asigurarea continuă cu materii prime minerale, combustibili și energie. Examinarea atentă a ceea ce reprezintă un mineral sau un purtător de energie primară, precum și a ceea ce reprezintă o rezervă de astfel de substanțe, ne arată că aceste noțiuni nu au — din punctul de vedere al utilității lor sociale — un sens prin ele însile, ci numai în raport cu un nivel de dezvoltare tehnologică și cu un mod de producție determinat. Așadar, problema resurselor minerale nu trebuie privită ca o simplă problemă de potențial geologic, ci, este în egală măsură, o problemă de tehnici de investigație geologică, de extracție, de preparare, de metalurgie sau prelucrare, de reciclare și de înlocuire în viitor a unor substanțe minerale sau derivate ale acestora.

De asemenea, nu trebuie uitat că inovația — luată în accepțiunea sa cea mai largă — reprezintă principala sursă de dezvoltare. Ritmul dezvoltării se accentuiază necontenit, iar problemele de rezolvat devin din ce în ce mai complexe și mai complicate. Caracteristic pentru progresul tehnic este faptul că acesta este continuu și ascendent, deoarece o perfecționare a tehnicii sau o tehnică nouă deschid noi posibilități de perfecționare, posibilități pentru o tehnică și mai nouă. Mai mult decît atît, interdependența dintre știință și tehnică în epoca contemporană a făcut ca știința de azi să devină tehnica de mîine, cu un decalaj din ce

---

* Lucrare prezentată în cadrul sesiunii organizată miercuri 26 februarie 1975 de către Academia R. S. România și Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înființarea Secției de prospecțiuni a Institutului geologic al României.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM 13, P. 83–89, BUCUREȘTI, 1975

în ce mai mic între momentul descoperirii ştiinţifice şi acela al aplicării practice a acesteia.

Concepţia în care este folosită cercetarea geofizică în ţara noastră, adaptabilitatea ei la mutaţiile problematicii geologice în dinamica acesteia şi perspectivele previzibile ale progresului tehnic în domeniul geofizic, reprezintă principalele coordonate ale sistemului în contextul căruia vom încerca să conturăm perspectivele de viitor ale geofizicii româneşti.

2. Născute din transpunerea în condiţii de teren a unor principii, metode şi aparate ale fizicii folosite pînă atunci exclusiv în condiţii de laborator, metodele geofizice de prospecţiune şi carotaj au apărut rînd pe rînd în trecutul mai mult sau mai puţin îndepărtat şi au fost considerate iniţial ca metode complet distincte, avînd la bază proprietăţi fizice, fundamentare fizico-matematică, tehnici de obţinere şi prelucrare a datelor de măsură domeniu de aplicabilitate şi semnificaţie geologică a informaţiilor obţinute, net diferite. Aplicarea din ce în ce mai intensivă şi extensivă a acestor metode a dus progresiv la recunoaşterea unor caracteristici comune fie tuturor metodelor fie la o parte din ele, ca lipsa de univocitate a soluţiei, existenţa posibilităţii de interpretare fizico-matematică pe două căi distincte — sub forma problemei directe sau inverse a interpretării — folosirea principiilor reciprocităţii şi echivalenţei în rezolvarea unor probleme, adoptarea metodelor de modelare matematică sau fizică, utilizarea analizei cauzelor de distorsionare a semnalelor geofizice primite de la structura geologică, necesitatea îmbunătăţirii raportului semnal/zgomot, folosirea procedeelor interative de optimizare etc.

Acestui transfer de caracteristici sau principii de la o metodă geofizică la alta i s-a adăugat în timp un transfer din ce în ce mai activ de procedee şi tehnici de prelucrare şi de interpretare fizico-matematică. Astfel, folosirea funcţiilor Bessel a fost preluată de către gravimetrie şi magnetometrie de la electrometrie, a funcţiei de corelaţie şi a spectrului de putere de către gravimetrie şi magnetometrie de la seismometrie, calculul izopachitelor în gravimetrie de la seismometrie, continuarea în jos a corecţiilor dinamice şi a seismogramelor (făcîndu-se transpuneri ipotetice ale profilelor de înregistrare seismică la orice adîncime impusă de necesităţile prelucrării) de către seismometrie de la gravimetrie, folosirea analizei de frecvenţă de către toate celelalte metode de la seismometrie etc. Acestea reprezintă doar cîteva exemple dintr-un mare număr ce se poate da în acest sens. Trecerea analizării datelor geofizice din domeniul spaţial în domeniul de frecvenţă a reprezentat unul din momentele importante în dezvoltarea metodelor geofizice, prin dublul rol pe care l-a avut şi anume : pe de o parte desprinderea unui conţinut mai bogat de informaţii geologice cuprins în datele geofizice de măsură şi, pe de altă parte, prin manifestarea tendinţei de generalizare şi de unificare a metodelor geofizice, deocamdată în domeniul prelucrării acestora. Astfel, raţionînd în domeniul de frecvenţă, nu apare nici o diferenţă de principiu între seismometrie şi celelalte metode geofizice deoarece orice curbă ca funcţie de timp sau de distanţă, din punctul de vedere al transformării Fourier, sînt identice. Adoptarea descrierii matematice a semnalelor geofizice printr-o funcţie aleatoare de variabilă staţionară şi, ulterior, a analizei secvenţiale — în care noţiunea de frecvenţă este înlocuită cu aceea de secvenţă, respectiv cu numărul de zero-uri ale funcţiei în unitatea de

timp, — trecerea de la folosirea transformatei Fourier la aceea a transformatelor Hankel, Hadamard, Walsh etc. a adîncit și mai mult acest proces de unificare a prelucrării semnalelor geofizice. În fond, nu trebuie uitat că metodele geofizice bazate pe cîmpuri potențiale au furnizat din totdeauna valori discrete ale anomaliilor cartate, raportabile la punctele de măsură; de aceea, introducerea seismometriei cu înregistrare numerică nu a făcut decît să ușureze paralelizarea.

Punctul culminant în dezvoltarea metodelor geofizice pînă în prezent a fost atins, după părerea noastră, prin introducerea teoremei convoluției. Prin prisma acestei teoreme, orice răspuns geofizic al structurii geologice — indiferent că este anomalie gravimetrică, geomagnetică, electrometrică, radiometrică, geotermică sau trasă seismică — poate fi privit ca rezultatul convoluării unui semnal util produs de sursa sau sursele geologice de studiat printr-un operator de convoluție exprimabil matematic printr-o funcție de aceleași variabile. Astfel, dacă în seismometrie semnalul util corespunde răspunsului impulsional al subsolului depinzînd de suita de coeficienți de reflexie, respectiv de natura fizico-geologică a subsolului, în gravimetrie, de exemplu, semnalul util reprezintă valoarea anomală a cîmpului gravității ca rezultat al contrastului sau contrastelor de masă și a adîncimilor la care acestea sînt situate, deci tot de natura fizico-geologică a subsolului; în același timp, operatorul de convoluție în seismometrie depinde de sursa de energie folosită, de condițiile de înregistrare etc., iar în gravimetrie de condițiile de măsurare inclusiv tehnica folosită, în ambele cazuri intervenind și natura subsolului într-o măsură oarecare, greu de definit în stadiul actual. Ceea ce este important însă reprezintă faptul că operatorul de convoluție are caracterul unei funcții de transfer și, așa cum s-a precizat mai sus, este exprimabil analitic printr-o funcție de aceleași variabile ca și semnalul util, la care se adaugă pasul de eșantionare folosit. Mai este de precizat că transpunerea integralei de convoluție în domeniul de frecvență reprezintă, din punct de vedere matematic, produsul spectrelor funcțiilor care convoluează, ceea ce dă o idee și mai clară asupra importanței și avantajelor folosirii acestei teoreme.

Adoptarea conceptului de convoluție a condus la generalizarea și unificarea — în expresie matematică — a fundamentării fizico-matematice a tuturor metodelor geofizice, iar trecerea din domeniul spațial în domeniul de frecvență și folosirea din ce în ce mai intensă a calculului electronic practic la o unificare a procedeelor și tehnicilor de tratare și prelucrare a datelor geofizice.

Progresele realizate în prospecțiunea seismometrică și, mai ales, deplasarea activității acesteia în domeniul marin, a pus problema deconvoluției, respectiv a îndepărtării efectului de filtrare al mediului de propagare asupra semnalului util. Dacă privim toate metodele geofizice prin prisma integralei de convoluție, în mod legitim trebuie să acceptăm aplicarea deconvoluției și la celelalte metode în afară de seismometrie. De fapt, dintr-un punct de vedere, unele prelucrări care se efectuează deja în gravimetrie și magnetometrie ca determinarea derivatelor verticale de ordin superior sau continuările de cîmpuri — îndeosebi în semispațiul inferior — pot fi privite ca forme incipiente de aplicare a deconvoluției.

3. Trăsăturile definitorii ale dezvoltării metodelor geofizice, în etapa actuală, pot fi exprimate succint prin originalitatea problemelor tratate, noutatea soluțiilor, eficiența procedeelor și importanța acestora. Măsurătorilor la sol sau în găuri de sondă li s-au adăugat progresiv cele în puțuri și galerii de mină, aeriene și în domeniul marin.

Un salt calitativ deosebit de important s-a realizat în ceea ce privește construcția de aparatură seismometrică, magnetometrică și chiar gravimetrică prin introducerea înregistrării digitale pe bandă magnetică și a prelucrării automate pe calculator a datelor primare, inclusiv a datelor furnizate de sistemele de radiolocație a punctelor de observație; au fost studiate noi fenomene a căror aplicare s-a concretizat în noi metode și aparate pentru magnetometrie și electrometrie.

Pentru procedeele geofizice care folosesc cîmpuri provocate s-a realizat îmbunătățirea progresivă a surselor de generare a semnalelor primare, concomitent cu îmbunătățirea raportului semnal/zgomot.

Se dezvoltă în continuare bazele fizico-matematice ale metodelor geofizice concretizate în procedee practice de lucru de o diversitate din ce în ce mai mare și finalizate în algoritmi și programe de calcul, realizîndu-se un schimb din ce în ce mai intens de procedee între diferitele metode geofizice.

Au apărut soluții de tratare conjugată a prelucrării datelor primare și a analizei acestora în etapa interpretării fizico-matematice, într-un proces unic programat pe calculator. S-a inițiat sistemul interactiv adaptiv om-calculator prin care se asigură o comunicare reciprocă și continuă între specialistul geofizician și calculatorul electronic pe toată durata de rezolvare a problemei prelucrării care precede interpretarea geologică a rezultatelor; s-au creat posibilități de modelare interactivă, pe bază de algoritmi interativi și afișaj optic pe tuburi osciloscopice, pentru oricare din metodele geofizice, realizîndu-se reprezentări bi și tri-dimensionale în culori nuanțate sau în semitonuri alb-negru.

Se dezvoltă continu calculatoarele electronice, cu capacitate din ce în ce mai mare și cu tendința de simplificare a limbajului.

Au fost introduse bănci de date pentru stocarea informațiilor primare folosind cartele perforate sau benzi ori discuri magnetice.

Departe de a epuiza realizările sau tendințele care se manifestă în prezent în geofizica aplicată, cele cîteva precizări de mai sus demonstrează unitatea în diversitate a soluțiilor adoptate sau preconizate, creșterea continuă a puterii rezolutive a acestor metode, eficiența din ce în ce mai ridicată a rezolvării problemelor geologice care apar.

4. În cei 50 de ani care s-au scurs, țara noastră a înregistrat un progres remarcabil în domeniul geofizicii aplicate care, sumar, se poate menționa după cum urmează:

— Dispunem de o dotare tehnico-materială, atît sub aspect cantitativ cît și calitativ, care poate fi apreciată ca foarte bună. Cu aparatura și utilajele din dotare se poate face față practic tuturor metodelor și tehnicilor geofizice folosite astăzi în lume, dispunînd și de unele utilaje sau aparate de cel mai înalt nivel tehnic.

Capacitatea de prospecțiune și carotaj geofizic a țării noastre, privită în ansamblu și comparativ cu a altor state, este de asemenea foarte mare.

— Geofizicienii români au adus contribuții importante, unele recunoscute și omologate pe plan mondial, atît în domeniul teoretic cît și în cel practic — aplicativ. Acestea privesc metodica și tehnica de lucru, adaptarea metodelor la condițiile concrete ale structurii geologice din țara noastră, dezvoltarea și perfecționarea procedeelor și tehnicilor de interpretare a datelor geofizice, elaborarea de procedee noi, inițierea și dezvoltarea unor tehnici legate de lărgirea domeniilor de aplicabilitate a metodelor geofizice în cercetarea geologică etc.

— S-a conturat, consolidat și adîncit în țara noastră o adevărată școală de interpretare geologică a rezultatelor geofizice, reprezentînd astăzi o ramură distinctă a geofizicii aplicate în domeniul geologiei.

— Activitatea geofizică românească a adus și aduce contribuții valoroase la conturarea zonelor de perspectivă și a obiectivelor de cercetare cu foraje sau lucrări miniere pentru diferite substanțe minerale utile, precum și în domeniul hidrogeologiei și al geologiei inginerești; de asemenea, aduce o contribuție prețioasă și la rezolvarea unor sarcini care revin din acțiunile de cooperare pe linie geologică cu străinătatea.

— Aportul cercetării geofizice este de asemenea important pentru creșterea eficienței ansamblului lucrărilor geologice executate, scurtarea termenelor de punere în evidență a unor rezerve industriale de materii prime minerale și, implicit, de nominalizare a unor noi obiective pentru industria extractivă introduse sau în curs de introducere în circuitul economic.

— Geofizica românească contribuie continuu la acțiunea de descifrare a structurii geologice ascunse a teritoriului român și la aceea de inventariere a posibilităților și perspectivelor creșterii și diversificării bazei de materii prime minerale a țării noastre, în prezent pe diferite trepte de cercetare și de cunoaștere, reprezentînd prin aceasta un instrument valoros pentru activitatea de prognoză geologică.

5. Acum, cînd depășim o jumătate de secol de geofizică aplicată românească, plecînd de la constatarea obiectivă că în țara noastră activitatea geofizică s-a integrat definitiv în geologie ca un instrument de investigație geologică, trei aspecte ni se par în primul rînd demne de relevat și anume:

— există un cadru conceptual geologic bine pus la punct pentru a putea alege și folosi acele metode geofizice sau acel complex de metode care să asigure o cît mai ridicată eficiență în aplicarea lor;

— există o experiență suficientă în folosirea metodelor geofizice, cel puțin pentru acelea aplicate pe scară industrială în țara noastră pînă în prezent, care să asigure opțiuni judicioase la întocmirea programelor de cercetare;

— există o bogată tradiție în interpretarea geologică a rezultatelor geofizice, la stabilirea semnificației geologice a acestor rezultate într-o gamă largă de probleme ale geologiei românești.

Desigur, mai sînt posibilități de îmbunătățire a eficienței geologice a activității geofizice și, după părerea noastră, atenția geofizicienilor români ar trebui îndreptată în viitor, îndeosebi, în următoarele direcții:

— Stabilirea unor complexe de metode și tehnici de lucru geofizice mai eficiente, diferențiate pe substanțe minerale utile, forme de zăcămînt și condiții fizico-geologice.

— Dezvoltarea geotermometriei la sol și introducerea teledetecției.

— Inițierea, introducerea și dezvoltarea de noi metode sau variante de investigație geofizică.

— Diversificarea în continuare a problematicii puse cercetării geofizice și adîncirea preocupărilor pentru prospectarea directă a unor zăcăminte de hidrocarburi sau minereuri, studierea și localizarea capcanelor litostratigrafice de diferite tipuri, prospectarea zăcămintelor cu conținut redus în metal, ameliorarea tehnicilor geofizice pentru lucrări în subteran, separarea cauzelor tectonice de cele litologice sau petrografice, mărirea distanței de investigație laterală în carotajul geofizic și diversificarea stabilirii caracteristicilor geologice ale formațiunilor străbătute de gaura de sondă, rezolvarea problemei investigării geofizice a sondelor de mare adîncime etc.

— Dezvoltarea cercetărilor petrofizice și elaborarea de hărți, profile, grafice etc., privind distribuția proprietăților fizice ale rocilor și substanțelor minerale utile care fac obiectul cercetărilor geofizice.

— Dezvoltarea în continuare a folosirii calculului electronic, stabilirea de noi algoritmi și programe de calcul, introducerea unui sistem unitar de stocare a datelor primare, amplificarea activității de sintetizare a rezultatelor geofizice obținute pînă în prezent, retratarea în condițiile prelucrării actuale a unor informații geofizice anterioare etc.

— Îmbunătățirea interpretării geologice a datelor geofizice, calitativă și cantitativă, prin folosirea unor modele de o complexitate mai mare și mai apropiate de realitatea geologică, stabilirea și verificarea unor criterii de interpretare diferențiate pe tipuri de problematică geologică și, în general, mai buna valorificare a datelor geofizice prin desprinderea unui conținut cît mai deplin de informații geologice pe care acestea îl cuprind.

— Folosirea experienței cîștigate prin cooperarea internațională pe linie geologică cu alte state.

Un cîmp vast de activitate și de afirmare este deschis în prezent geofizicii românești. Acesta cuprinde atît probleme referitoare la adîncimi mici (zăcăminte cu conținut redus în metal, capcane litostratigrafice pentru hidrocarburi, hidrogeologie și geologie inginerească, unele roci utile și substanțe nemetalifere) cît și la adîncimi mari (zăcăminte de hidrocarburi și metalifere).

În încheierea acestor succinte considerații ne exprimăm convingerea că exemplul înaintașilor cît și pasiunea, interesul și dăruirea geofizicienilor români, atașamentul față de profesiunea pe care o practică, reprezintă tot atîtea garanții pentru contribuții și mai valoroase atît pe plan teoretic cît și practic-aplicativ, participarea mai eficientă în viitor a geofizicii românești la creșterea și diversificarea bazei de materii prime minerale a țării noastre în concordanță cu ritmurile și nivelurile de dezvoltare a economiei noastre naționale, la făurirea societății socialiste multilateral dezvoltate în România.

Primit la redacție la 29 aprilie 1975.

PROSPECTS OF GEOPHYSICS IN ROMANIA

(ABSTRACT)

The main achievements as well as the trends and developments of the Romanian geophysical activity are shown. Having exceeded half a century of applied geophysics, it may be stated that there are a corresponding geological conceptual framework and a large experience too in using the geophysical methods and interpreting theirs results. The conviction is expressed that all these represent reliable warranties for more valuable theoretical and practical contributions, for a more efficient participation of the future geophysical activity to the growth and the diversification of the basis of mineral resources of our country, to edifying the multivariously developed socialist society in Romania.

O SINTEZĂ A MODELELOR ŞI DIAGRAMELOR SPECTRALE, UTILE PENTRU INTERPRETAREA, PE BAZA ANALIZEI FOURIER, A EXPLORĂRILOR GRAVIMETRICE ŞI MAGNETICE *(I)

DE

D. MILCOVEANU

Institutul de subingineri Hunedoara

Analiza Fourier (frecvenţială; armonică) introdusă în geofizică, aplicată în anul 1954 (1) pentru interpretarea explorărilor gravimetrice, magnetice şi aeromagnetice, a condus la rezultate practice care arată că este vorba de o tehnică nouă cu mari posibilităţi.

Cele două aspecte ale unei astfel de tehnici de interpretare, bazată pe compararea anomaliei reale cu aceea teoretică generată de un model echivalent şi anume : interpretarea unidimensională, adică interpretarea unui profil şi bidimensională, adică interpretarea unei hărţi, sînt analizate şi sintetizate în lucrare.

Astfel, sînt prezentate următoarele aspecte ale acestei tehnici de interpretare : sinteza aspectului spectral al anomaliilor generate de diferite modele echivalente şi tehnicile de utilizat pentru interpretare, sinteza funcţiilor de corelaţie şi de autocorelaţie, aplicaţiile teoremei derivării şi integrării funcţiilor spectrale, a teoremei liniarităţii şi a translaţiei reale, iar aplicaţiile teoremei convoluţiei a condus la tehnica separării şi filtrării cîmpurilor potenţiale.

În continuare sînt prezentate expresiile spectrelor de putere relative la cîteva modele tridimensionale, cîteva tehnici de interpretare, pe baza modelelor tridimensionale echivalente, a hărţilor spectrale, aplicaţiile teoremei convoluţiei pentru separarea cîmpurilor potenţiale şi, în sfîrşit, posibilităţile introducerii coordonatelor polare pentru reprezentarea bidimensională a spectrelor de putere.

O listă a publicaţiilor reprezentative privind această nouă tehnică de interpretare este prezentată.

INTRODUCERE

Analiza Fourier (armonică; frecvenţială) s-a impus datorită introducerii noţiunii de frecvenţă, respectiv variabilă ciclică, dar şi proprietăţilor remarcabile pe care le posedă funcţiile transformate, în sensul comprimării informaţiei precum şi al separării parametrilor în factori structurali diferiţi, de unde o deosebită elasticitate în determinarea valorilor acestora.

În anul 1954, geofizicianul C. A. SWARTZ a intuit primul că transformarea Fourier care posedă proprietăţi foarte interesante, poate să deschidă căi pentru noi tratamente şi prelucrări ale anomaliilor gravimetrice, magnetice şi aeromagnetice în vederea interpretării lor cantitative. El a schimbat sensul fizic al variabilei, din automatizări şi telecomunicaţii, în acela de spaţiu în geofizică, iar funcţiile aperiodice respective (semnale), deveneau anomaliile gravimetrice, magnetice şi aeromagnetice din geofizică.

---

* Comunicare prezentată la cel de-al VIII-lea Simpozion Naţional de prospecţiuni Geofizice şi Fizica scoarţei Globului, Iulie 1974, Bucureşti.

ST. CERC. GEOL. GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 13, P. 91–132, BUCUREŞTI, 1975

Şcoala românească de geofizică şi-a adus o contribuţie teoretică şi practică importantă la studiul şi aplicabilitatea acestei noi tehnici.

În acest sens vom aminti cîteva din studiile de bază care au fost realizate în ţara noastră :

R. Botezatu şi C. Calotă au efectuat analize în domeniul frecvenţelor pentru separarea efectelor în vederea interpretării cantitative a explorărilor gravimetrice. De asemenea, au rezolvat numeroase probleme privind filtrarea efectelor.

Vl. Steflea şi V. Smalberger au realizat trecerea în domeniul spectral a unei mari părţi din metodele de prelucrare a datelor în vederea interpretării cantitative a explorărilor gravimetrice şi magnetice.

De asemenea au fundamentat, teoretic şi practic, stabilizarea soluţiilor transformării datelor şi, în sfîrşit, au elaborat formulele pentru transformarea expresiilor componentelor gravimetrice şi magnetice a cîmpurilor.

Ianăş M. şi C. Savu au rezolvat numeroase probleme privind filtrarea datelor şi, de asemenea, au efectuat analize în domeniul frecvenţelor.

Autorul acestui studiu a abordat aspectul interpretării cantitative în domeniul frecvenţelor a explorărilor gravimetrice, magnetice şi aeromagnetice pe baza modelelor echivalente, stabilind şi tehnicile de calcul pentru interpretarea respectivă.

SINTEZA PROPRIETĂŢILOR CURBELOR SPECTRALE GENERATE DE DIFERITE MODELE ECHIVALENTE

Avînd în vedere atît proprietăţile cunoscute ale mărimilor spectrale, cît şi acelea relative la mărimile geofizice şi modelele echivalente utilizate în practica interpretării, se evidenţiază următoarele consideraţii utile interpretării, pe baza analizei Fourier, a explorărilor gravimetrice, magnetice şi aeromagnetice :

I. ANALIZA SPECTRALĂ UNIDIMENSIONALĂ (PROFILE)

1. *În general, pentru fiecare model bidimensional considerat, imaginea spectrală a anomaliei este caracteristică şi diferită de aceea corespunzătoare altor modele, fapt care face posibilă o alegere judicioasă şi neambiguă a modelului echivalent cel mai indicat.*

Această proprietate importantă reiese din reprezentările spectrale relative la cele 10 modele echivalente şi redate în diagramele din figurile $1a-1j$.

Ca urmare, se poate efectua următoarea clasificare :

a) Modelele care nu au o dezvoltare limitată în lăţime. Conform schiţelor relative la aceste modele, în structura acestora nu intră parametrul $2l$ care ar reprezenta lăţimea modelului.

Exemplele reprezentative ale acestui grup de modele, sînt : cilindrul circular orizontal şi infinit extins, linia orizontală infinită de poli magnetici şi treapta dreaptă şi oblică infinit extinsă.

Pentru aceste modele spectrele de putere și funcțiile de autocorelație au aspectul reprezentat principial în diagramele respective alăturate (fig. 1*a*, *b*).

b) Modelele care au o dezvoltare limitată în lățime. Conform schițelor și formulelor relative la aceste modele, în structura acestora intră parametrul $2l$ sub forma unei funcții periodice.

Exemplele reprezentative ale acestui grup de modele sînt: prisma orizontală infinită cu secțiunea dreptunghiu (horst), stratul vertical și înclinat extins la infinit, prisma orizontală infinită de secțiunea segment de cerc (anticlinal și sinclinal) și prisma orizontală infinită de secțiune triunghi (anticlinal și sinclinal) respectiv (fig. 1*d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*).

Pentru aceste modele spectrele de putere și funcțiile de autocorelație au aspectul reprezentat principial în diagramele respective alăturate. Se poate constata, în primul rînd, aspectul de periodicitate al acestor diagrame și, în al doilea rînd, că perioada este cu atît mai mică cu cît extinderea în lățime, adică parametrul $2l$, este mai mare. Aceasta este una din proprietățile cele mai interesante ale profilelor spectrale.

c) În sfîrșit, vom menționa modelele intermediare plasate între cele două grupe menționate mai sus.

Exemplul reprezentativ al acestui grup de modele este falia.

După cum se poate constata din diagramele respective, existența unui decalaj orizontal în construcția modelului și notat $2l$, asigură o periodicitate în aspectul curbei spectrale (fig. 1*c*).

Se constată că pe măsură ce unghiul θ, caracteristic înclinării faliei, se apropie de valoarea $\pi/2$, reducînd în consecință decalajul orizontal $2l$, aspectul de periodicitate menționat se estompează, modelul plasîndu-se în acest caz în prima grupă de modele.

Din analiza albumului cu modele și diagrame spectrale realizat de autor, se pot evidenția cîteva caracteristici marcante, utile într-un proces de interpretare, a unor profile cu anomalii gravimetrice sau magnetice, pe baza analizei Fourier (frecvențiale; armonice).

Cele mai interesante caracteristici găsite pînă acuma sînt următoarele:

— în toate cazurile și pentru toate modelele, la mărirea adîncimii de așezare a acestuia, spectrele de putere sărăcesc în frecvențele înalte, iar la micșorarea adîncimii se îmbogățesc în ele;

— în toate cazurile și pentru toate modelele la mărirea dimensiunilor acestora, spectrele de putere sărăcesc în frecvențele înalte, iar la reducerea dimensiunilor se îmbogățesc în ele;

— în toate cazurile și pentru toate modelele plasate în apropierea suprafeței, funcțiile de autocorelație iau valori mari;

— se constată existența unor pante foarte accentuate în aspectul diagramelor spectrale, ceea ce desigur că indică o proprietate interesantă dar și necesitatea unor măsurători de teren și calcule de atelier riguroase științific și foarte precise;

— ordonata la origine atît a spectrului de putere, cît și mai ales a funcției de autocorelație este pentru toate modelele studiate o mărime interesantă și utilă;

— existența unor nedeterminări care apar în cazul spectrului de putere pentru frecvența $\omega = 0$, se rezolvă prin metodele clasice;

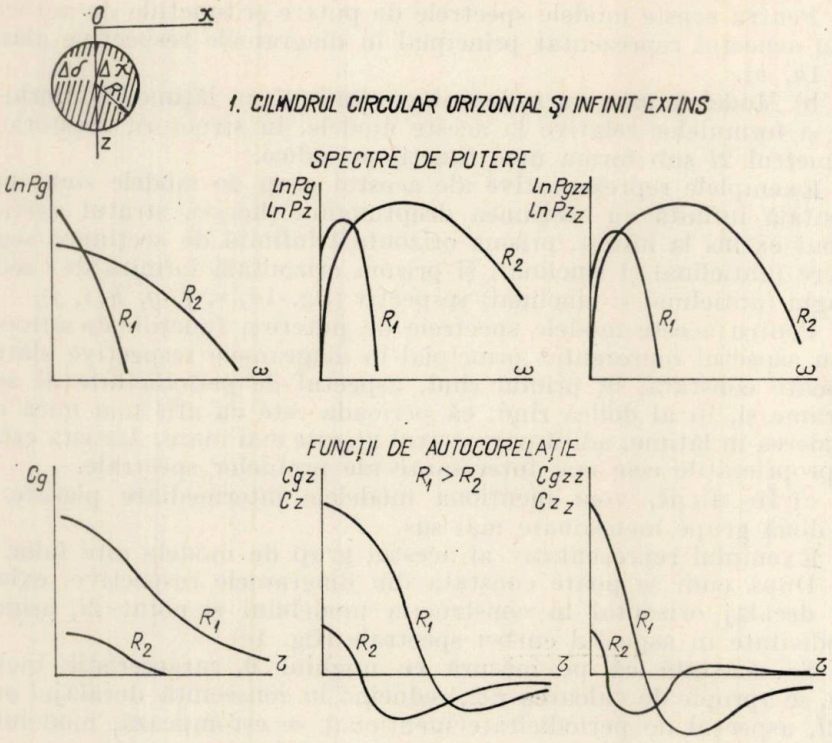

0
x
Δσ
Δx
z
1. CILINDRUL CIRCULAR ORIZONTAL ŞI INFINIT EXTINS
SPECTRE DE PUTERE
ln Pg
ln Pz
ln Pzz
R1
R2
ω
FUNCŢII DE AUTOCORELAŢIE
Cg
Cz
Czz
R1 > R2
τ

Fig. 1 a.

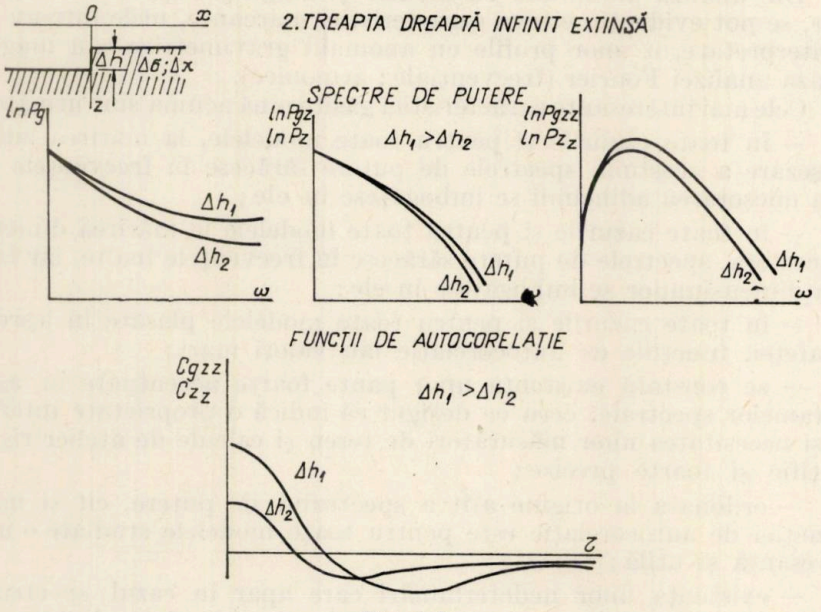

0
x
Δh
Δσ; Δx
z
2. TREAPTA DREAPTĂ INFINIT EXTINSĂ
SPECTRE DE PUTERE
ln Pg
ln Pz
ln Pzz
Δh1 > Δh2
Δh1
Δh2
ω
FUNCŢII DE AUTOCORELAŢIE
Cz
Czz
τ

Fig. 1 b.

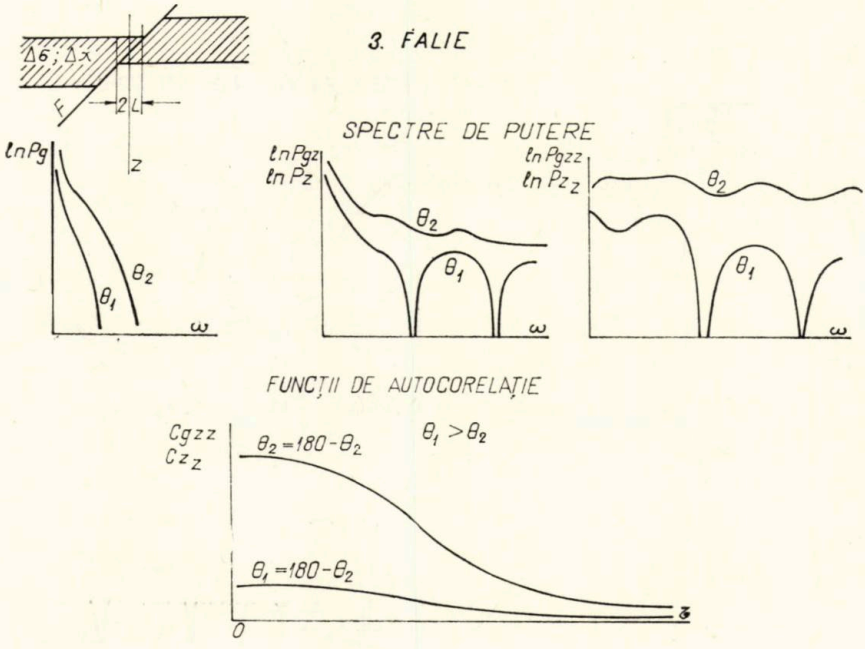

3. FALIE
Δδ; Δx
2L
z
ln Pg
θ2
θ1
ω
SPECTRE DE PUTERE
ln Pgz
ln Pz
ln Pgzz
ln Pzz
FUNCȚII DE AUTOCORELAȚIE
Cgzz
Czz
θ2 = 180 - θ2
θ1 > θ2
θ1 = 180 - θ2
0
τ

Fig. 1 c.

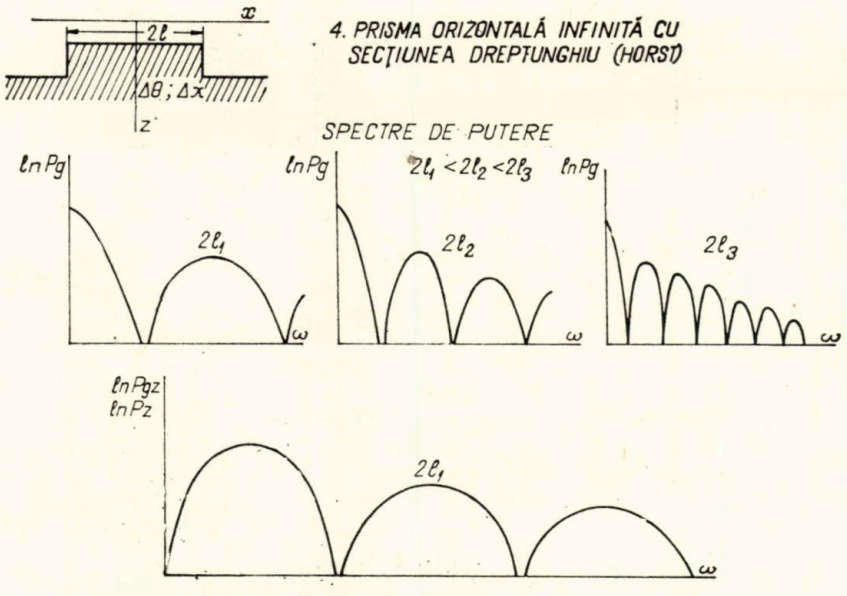

x
2ℓ
Δθ; Δx
z
4. PRISMA ORIZONTALĂ INFINITĂ CU SECȚIUNEA DREPTUNGHIU (HORST)
SPECTRE DE PUTERE
ln Pg
2ℓ1
2ℓ1 < 2ℓ2 < 2ℓ3
2ℓ2
2ℓ3
ω
ln Pgz
ln Pz

Fig. 1 d.

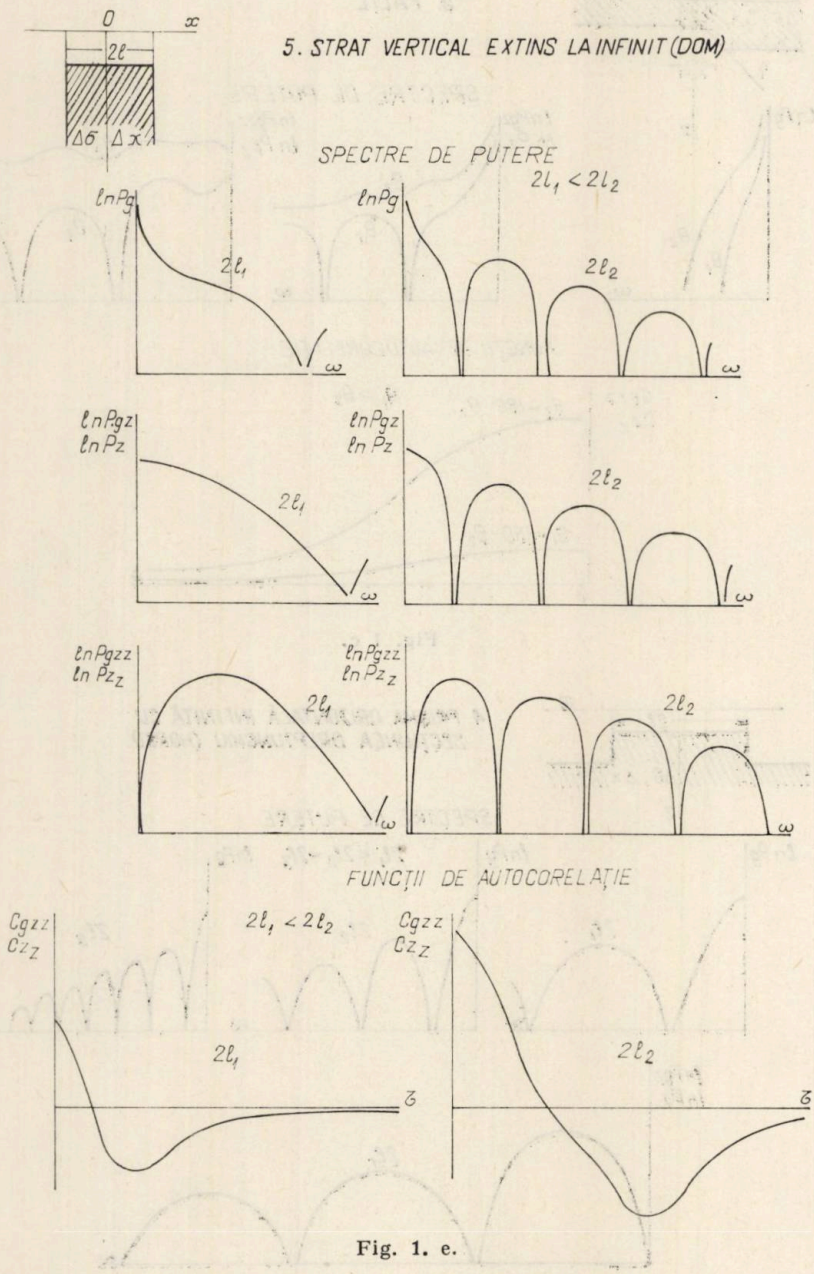
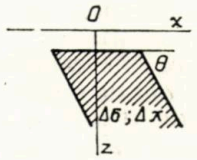
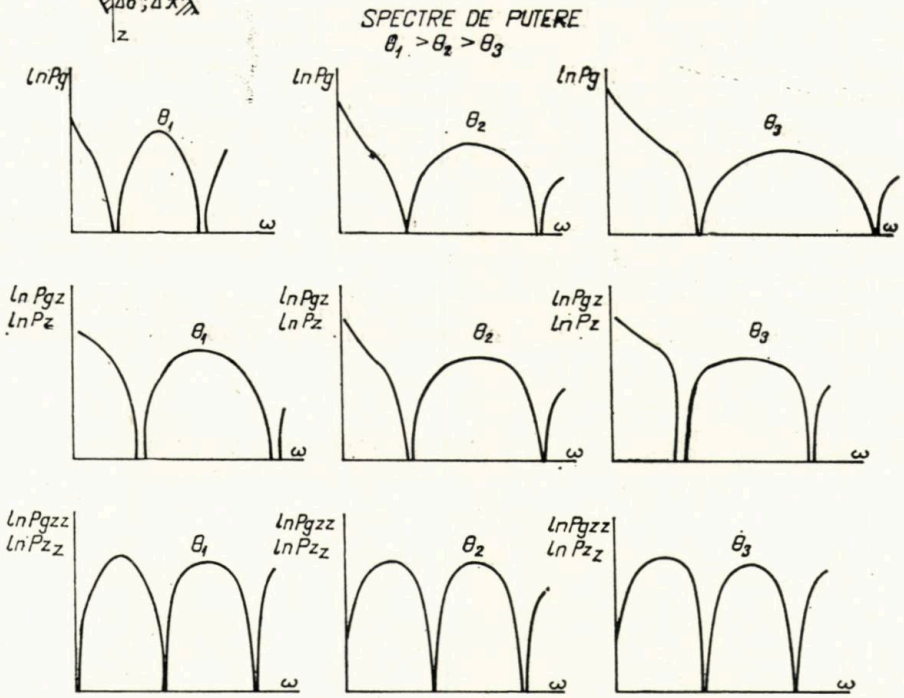

0
x
2ℓ
Δσ
Δx
5. STRAT VERTICAL EXTINS LA INFINIT (DOM)
SPECTRE DE PUTERE
2ℓ1 < 2ℓ2
ℓnPg
2ℓ1
2ℓ2
ω
ℓnPgz
ℓnPz
ℓnPgzz
ℓnPzz
FUNCȚII DE AUTOCORELAȚIE
Cgzz
Czz
τ

Fig. 1. e.



6. STRAT ÎNCLINAT EXTINS LA INFINIT



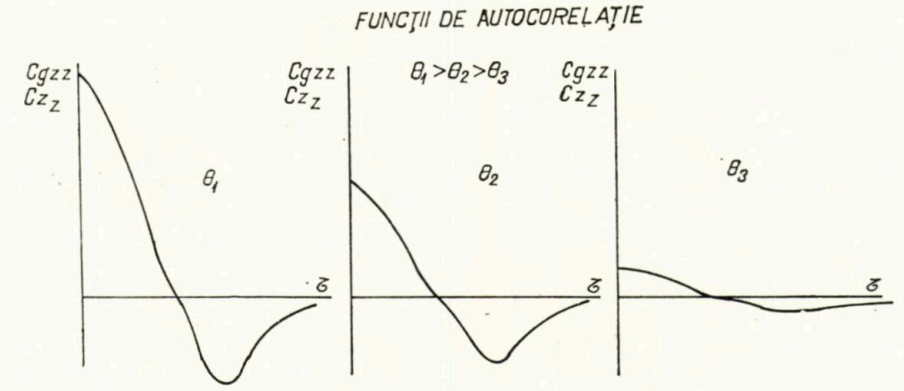


Fig. 1 f.

— interpretările pe baza mărimilor g_{zz}, respectiv Z_z, sînt mai precise deoarece diagramele spectrale se extind mult către frecvenţele înalte, iar expresiile funcţiilor de autocorelaţie sînt întotdeauna cunoscute pentru modelul considerat în cazul studiului acestor două mărimi geofizice;

— modelele aflate în imediata apropiere a suprafeţei sînt caracterizate prin : ponderea valorilor negative, în ansamblul funcţiei de autocorelaţie, creşte odată cu apropierea de suprafaţă a modelului şi prin valori crescătoare sau cel puţin constante ale valorilor spectrului de putere pe măsură ce frecvenţa creşte; pentru modelele horst sau graben şi strat înclinat aceste caracteristici sînt pregnante;

— ponderea valorilor negative în ansamblul funcţiei de autocorelaţie creşte cu asimetria modelului dar descreşte odată cu mărirea adîncimii acestuia;

— pentru valoarea $\omega = 1$ a frecvenţei, sînt valabile relaţiile : $P_g = P_{gz} = P_{gzz}$, respectiv $P_Z = P_{Z_z}$, care sînt utile într-un proces de interpretare;

— minimile funcţiilor de autocorelaţie C_{gzz}, respectiv C_{Z_z}, prin abscisele pe care le marchează, indică net extinderea în lăţime $2l$ a modelului

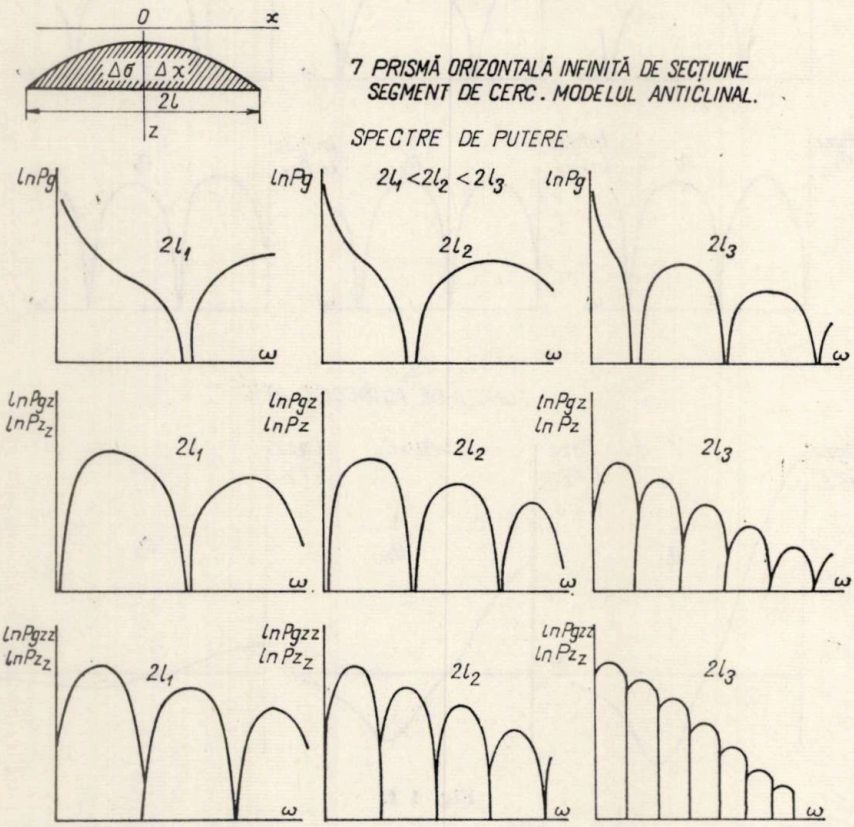


Fig. 1 g.

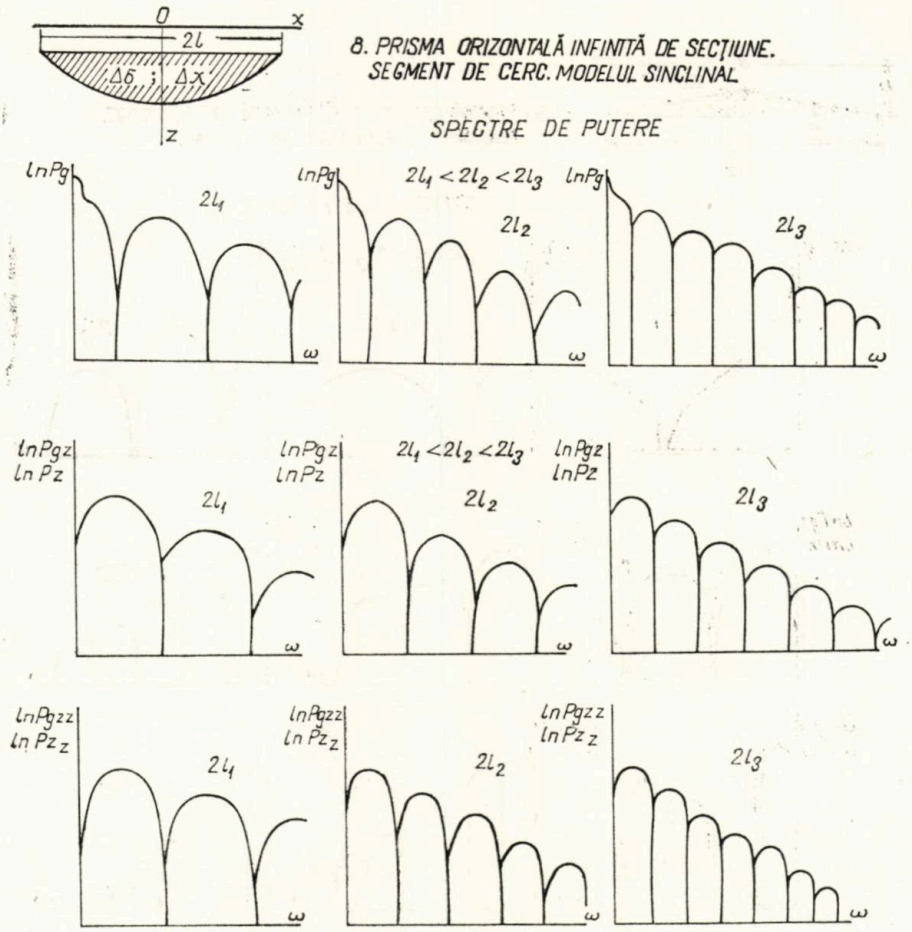
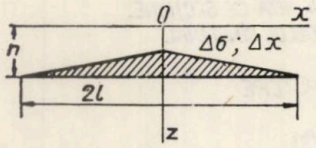


Fig. 1 h.

considerat; în cazul absenţei unui minim, modelul nu face parte din această clasă, adică caracterizată printr-o limitare în lăţime;

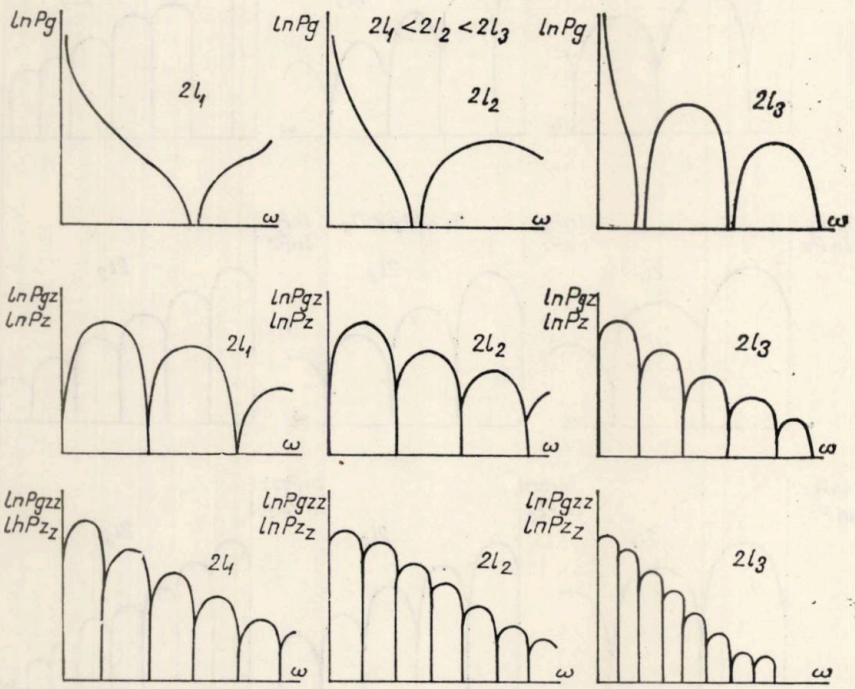
— ambiguitatea, cunoscută în procesele de interpretare a profilelor, reprezentînd mărimile clasice din gravimetrie şi magnetism, apare şi într-un proces de analiză Fourier (frecvenţială) a aceloraşi profile însă sub o formă mai concretă ca de exemplu: pentru o treaptă oblică formulele spectrale sînt identice atît pentru $\theta = 45°$, cît şi pentru $\theta = 135°$; idem pentru modelul strat înclinat; spectrul de putere P_g relativ la o placă verticală bidimensională finită are o exprimare identică cu spectrul de putere P_{gz} relativ la o treaptă ş.a.;

— structurile cu plus sau deficit de densitate masică sau substanţe feromagnetice vor genera aceleaşi spectre de putere şi funcţii de autocorelaţie deoarece în formulele de definiţie ale acestor mărimi intră expresiile $(\Delta\sigma)^2$ şi $(\Delta\chi)^2$.



9. PRISMĂ ORIZONTALĂ INFINITĂ DE SECȚIUNE. TRIUNGHI. MODELUL ANTICLINAL.

SPECTRE DE PUTERE



FUNCȚII DE AUTOCORELAȚIE

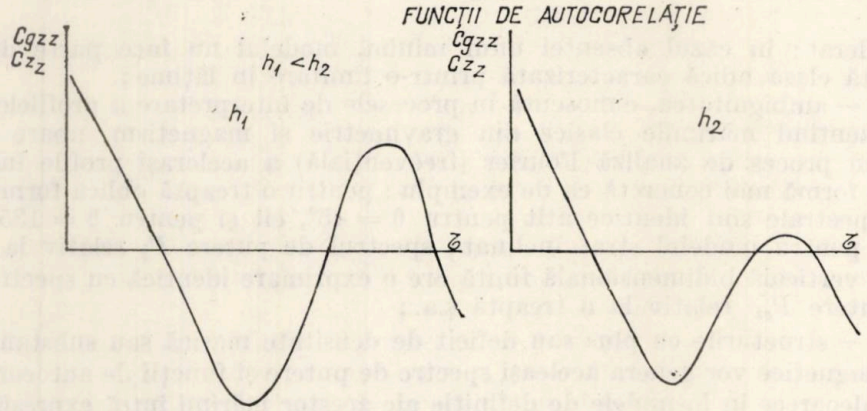
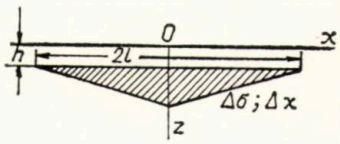
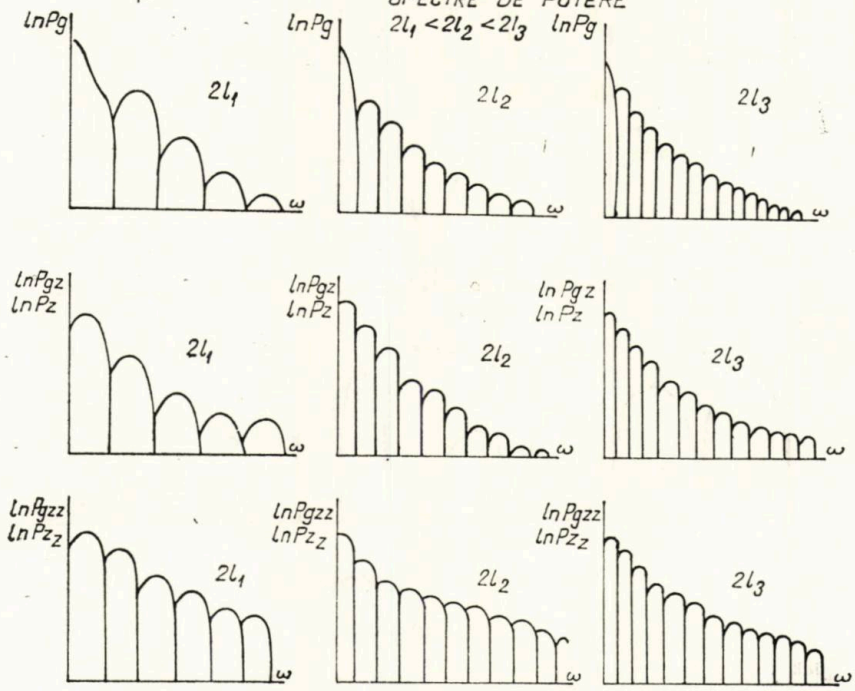


Fig. 1i.



10. PRISMĂ ORIZONTALĂ INFINITĂ DE SECȚIUNE. TRIUNGHIU. MODELUL SINCLINAL.

SPECTRE DE PUTERE
$2l_1 < 2l_2 < 2l_3$



FUNCȚII DE AUTOCORELAȚIE
$h_1 < h_2$

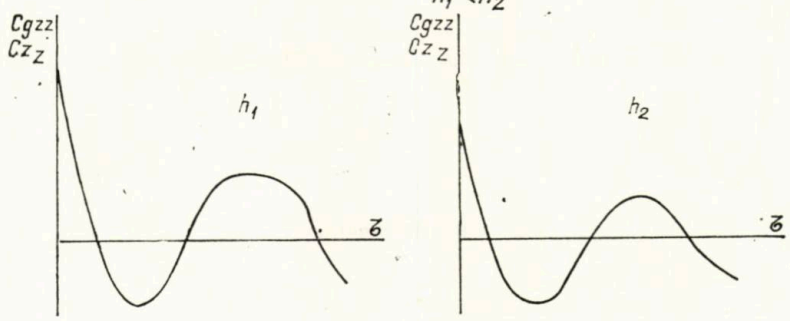
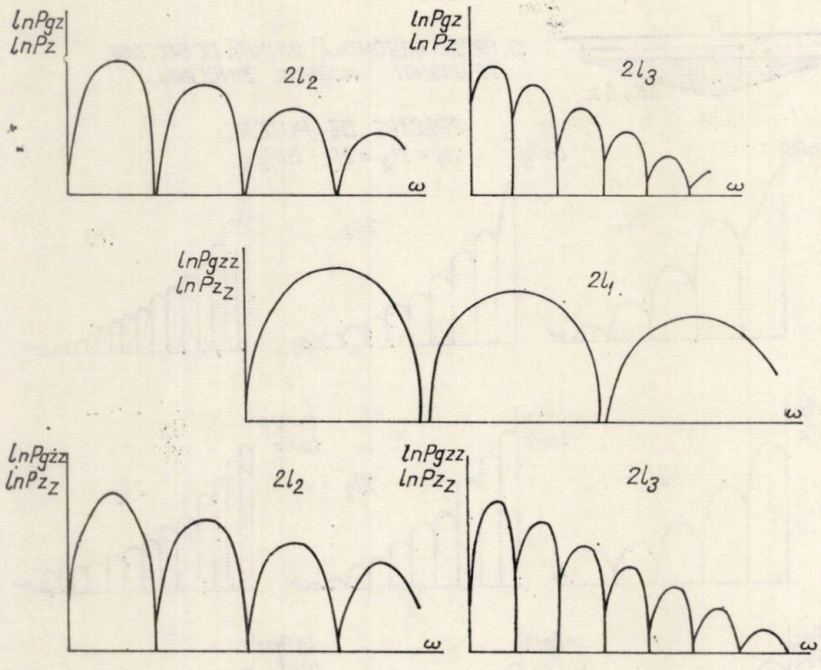


Fig. 1 j



FUNCȚII DE AUTOCORELAȚIE

$2l_1 < 2l_2 < 2l_3$

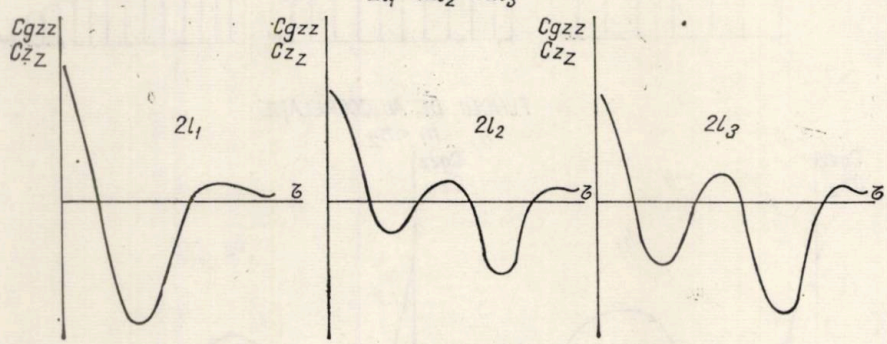


Fig. 1 j. (*continuare*)

2. *Indiferent de modelul bidimensional sau mărimea geofizică considerată, funcţiile spectrale relative la spectrul de putere $P(\omega)$ deduse sînt în general de tipul:*

$Ae^{-2h\omega}$, pentru modelele : cilindru circular orizontal şi infinit extins, semi-placa orizontală infinit extinsă, placa verticală semi-infinită, şi linia orizontală infinită de poli magnetici;

$(Ae^{-h\omega} - Be^{-H\omega})^2$, pentru modelele : treaptă dreaptă infinit extinsă, placă verticală finită şi dublet de linii orizontale infinite de poli magnetici (linie orizontală infinită de dipoli magnetici);

$Ae^{-2h\omega}\sin^2(l\omega)$, pentru modelele : strat înclinat infinit extins (dom) şi placa orizontală infinit extinsă;

$(Ae^{-h\omega} - Be^{-H\omega})^2\sin^2(l\omega)$, pentru modelul; prismă orizontală infinită cu secţiunea dreptunghiu (horst).

În expresiile de mai sus simbolurile reprezintă parametrii caracterizînd modelul considerat şi anume : h, H adîncimi, l lăţimea, iar constantele A şi B includ caracteristici ca : înclinarea, contrastul de densitate, intensitatea de magnetizare ş.a.; variabilă este ω şi reprezintă frecvenţa.

Problema de interpretare, pe baza modelelor echivalente, care se pune este următoarea : a se determina valorile parametrilor caracterizînd modelul astfel încît funcţia spectrală teoretică şi corespunzătoare modelului, notată $P(\omega)$, să coincidă cel mai bine posibil cu reprezentarea grafică corespunzătoare măsurătorilor de teren efectuate şi notată $f(\omega)$.

Funcţiile teoretice corespunzătoare unor modele echivalente se pretează toate unui calcul grafic-analitic sau de aproximare al unor funcţii empirice, care conduce la valorile cele mai probabile ale parametrilor şi a constantelor conţinute în expresiile funcţiilor spectrale respective.

Apreciem că posibilitatea conducerii interpretării pe aceste baze constituie unul din aspectele cele mai interesante ale metodei de interpretare, pe baza analizei Fourier, a explorărilor gravimetrice, magnetice şi aeromagnetice.

Se pot menţiona următoarele elemente privind interpretarea profilelor, relative la spectrele de putere, pe baza modelelor echivalente bidimensionale :

— cele două caracteristici care apar foarte clar pe un profil în curs de interpretare şi anume : amortizarea amplitudinilor, termeni de tipul $e^{-2h\omega}$, respectiv $(e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2$, şi periodicitatea, termenul de tipul $\sin^2(l\omega)$, conduc direct la valorile parametrilor h, respectiv H şi l, care caracterizează modelul echivalent ales şi, implicit, structura geologică studiată;

— se constată că anumite caracteristici care nu se evidenţiază în interpretarea clasică a anomaliei sînt evidenţiate în reprezentarea ei spectrală ceea ce permite pe de o parte alegerea modelului cel mai corespunzător, iar pe de altă parte posibilitatea de calcul a parametrilor şi constantelor care caracterizează modelul şi, implicit, structura geologică studiată;

— în general, în expresiile spectrelor relative la modelele considerate, diferiţii parametri se separă în termeni diferiţi; rezultă că transformarea Fourier realizează o analiză; acest fapt asigură o remarcabilă elasticitate tehnicii de interpretare bazată pe analiza Fourier (frecvenţială; armonică).

Ca tehnici de calcul pentru determinarea parametrilor caracteristici modelului echivalent considerat amintim metodele de aproximare a funcţiilor empirice (27) şi anume : metoda erorilor pătratice minime, metoda aproximărilor ş.a., precum şi metodele grafice-analitice clasice pentru studiul funcţiilor pseudo-periodice.

3. *Funcţiile de corelaţie şi de autocorelaţie, prin conţinutul lor informaţional şi proprietăţile lor, contribuie la procesul de interpretare ameliorat al unei anomalii gravimetrice, magnetice sau aeromagnetice.*

Este evident că în procesul de interpretare a anomaliilor gravimetrice şi magnetice prezintă interes asemănarea a două anomalii diferite sau chiar asemănarea unei anomalii cu o anumită parte a ei însăşi.

Măsura cantitativă a gradului de asemănare a două anomalii se obţine cu ajutorul funcţiei de corelaţie definită în modul următor :

dacă $g_1(x)$ şi $g_2(x)$ sînt cele două funcţii care trebuie corelate, funcţia de corelaţie este definită de relaţia

$$K_{12}(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} g_1(x) \cdot g_2(x + \tau) \cdot \mathrm{d}x,$$

dacă

$$g_1(x) = g_2(x) = g(x),$$

se obţine expresia funcţiei de autocorelaţie

$$C(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x) \cdot g(x + \tau) \cdot \mathrm{d}x.$$

Pe baza relaţiei de definiţie a funcţiei de autocorelaţie, au fost calculate şi sînt prezentate în tabela 1 expresiile acestei funcţii pentru modelele prezentate în figurile $2a$—$2n$, şi pentru cîteva mărimi gravimetrice şi magnetice.

De asemenea, în diagramele din figurile $1a$—$1j$, sînt reprezentate grafic funcţiile de autocorelaţie relative la cîteva mărimi gravimetrice şi magnetice şi la principalele modele utilizate în practica geofizică. Aspectul acestor diagrame vine în sprijinul muncii de alegere, ca şi în cazul spectrului de putere, a modelului cel mai indicat.

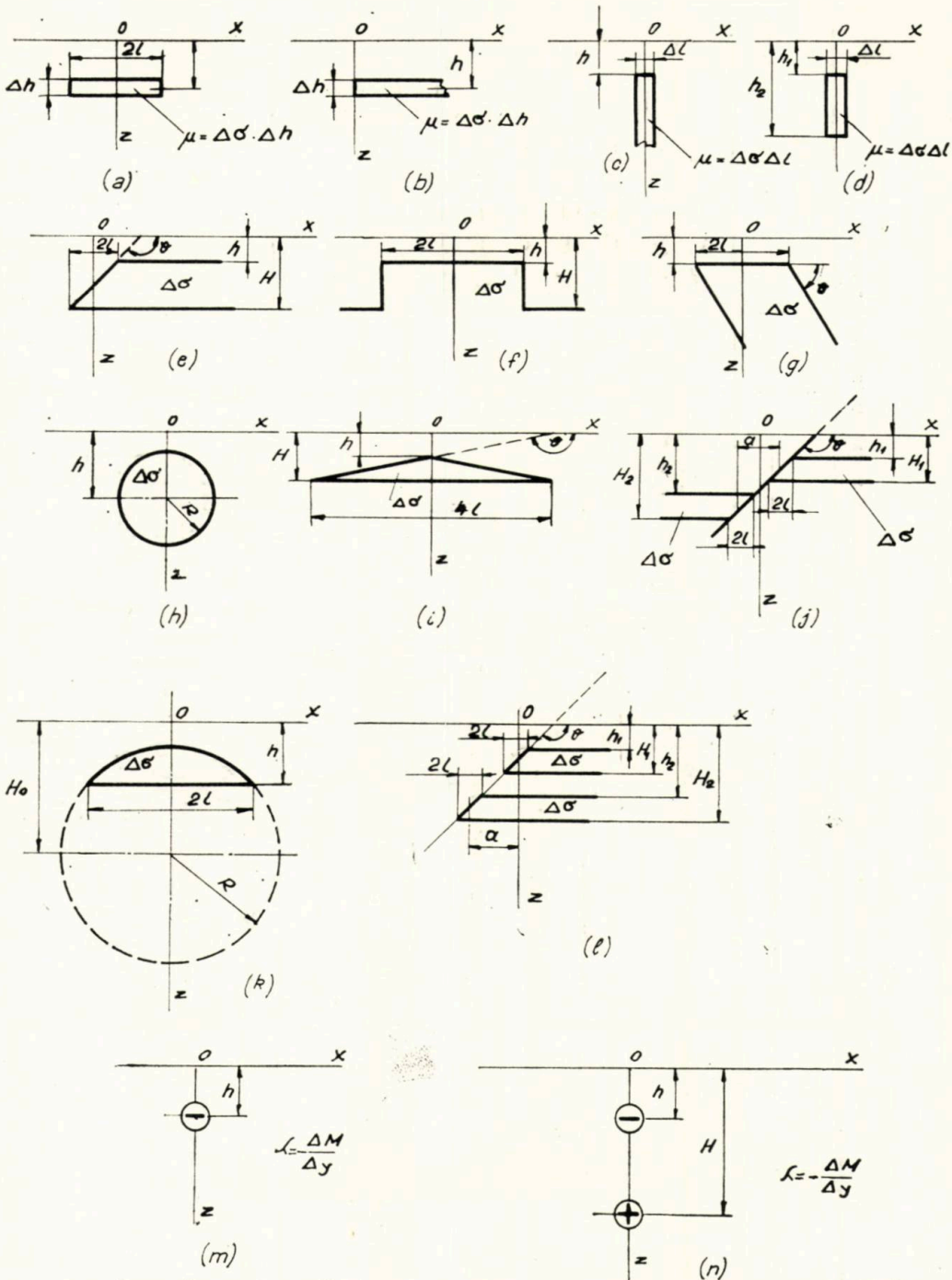
Pentru rezolvarea problemei de interpretare vom constata în primul rînd structura algebrică simplă a acestor expresii, de unde posibilitatea ca în mod comod şi pe baza :

— valorii ordonatei la origine, adică $C(0)$;

— valorilor absciselor unde se anulează funcţia de autocorelaţie, adică $C(\tau) = 0$;

— maximului sau minimului funcţiei de autocorelaţie, adică

$$\frac{dC(\tau)}{\mathrm{d}\tau} = 0,$$



Observaţie: $A^2 = \sin^2 I + \cos^2 I \cdot \cos^2 \mathcal{E}$ ($\mathcal{E}$ unghiul dintre direcţiile de extindere a zăcămîntului şi E-W ; I înclinarea cîmpului magnetic)

Fig. 2.

Tabela 1

Expresiile funcţiilor de autocorelaţie relative la diferite modele bidimensionale şi mărimi gravimetrice şi magnetice

Nr. crt.	Modelul echivalent	Expresia funcţiei de autocorelaţie	Fig. 2	Observaţii
0	1	2	3	4
1	Placa orizontală bidimensională	$C_{gz}(\tau) = 16\pi K^2 \Delta\sigma^2 \Delta h^2 \left\{ \frac{h}{4h^2+\tau^2} - \frac{h}{2}\left[\frac{}{4h^2+(2\alpha_1-\tau)^2} - \frac{}{4h^2+(2\alpha_1+\tau)^2} \right] \right\}$	(a)	$C_{gz}(\tau) = C_{gx}(\tau)$ $C_Z(\tau) = C_{gz}(\tau) \cdot \frac{\Delta\mathfrak{J}^2 \cdot A^2}{K^2 \cdot \Delta\sigma^2}$ $C_Z(\tau) = C_H(\tau)$
2	Semi-placă orizontală bidimensională	$C_{gz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \Delta h^2 \frac{h}{4h^2+\tau^2}$ $C_{gzz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \Delta h^2 \left(\frac{2h}{4h^2+\tau^2}\right)^3 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{2h}\right)^2\right]$	(b)	$C_{gz}(\tau) = C_{gx}(\tau)$ $C_Z(\tau) = C_{gz}(\tau) \frac{\Delta\mathfrak{J}^2 \cdot A^2}{K^2 \Delta\sigma^2}$ $C_Z(\tau) = C_H(\tau)$ $C_{Z_z}(\tau) = C_{gzz}(\tau) \frac{\Delta\mathfrak{J}^2 \cdot A^2}{K^2 \cdot \Delta\sigma^2}$
3	Placă verticală bidimensională semi-infinită	$C_{gz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \cdot \Delta l^2 \frac{h}{4h^2+\tau^2}$ $C_{gzz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \cdot \Delta l^2 \left(\frac{2h}{4h^2+\tau^2}\right)^3 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{2h}\right)^2\right]$	(c)	idem.
4	Placă verticală bidimensională finită	$C_{gz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \Delta l^2 \left[\frac{h_1}{4h_1^2+\tau^2} + \frac{h_2}{4h_2^2+\tau^2} - \frac{h_1+h_2}{(h_1+h_2)^2+\tau^2} \right]$ $C_{gzz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \cdot \Delta l^2 \left\{ \left(\frac{2h_1}{4h_1^2+\tau^2}\right)^3 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{2h_1}\right)^2\right] + \left(\frac{2h_2}{4h_2^2+\tau^2}\right)^3 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{2h_2}\right)^2\right] - 2\left[\frac{h_1+h_2}{(h_1+h_2)^2+\tau^2}\right]^3 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{h_1+h_2}\right)^2\right] \right\}$	(d)	idem.

5	Treaptă oblică bidimensională	$C_{gzz}(\tau) = 4\pi K^2 \Delta\sigma^2 \sin^2\theta \left\{ \frac{2H}{4H^2+\tau^2} + \frac{2h}{4h^2+\tau^2} - \right.$ $\left. - (H+h)\left[\frac{1}{(H+h)^2+(2l-\tau)^2} + \frac{1}{(H+h)^2+(2l+\tau)^2} \right] \right\}$	(e)	Pentru treapta inversă : $2l \rightarrow -2l$ $C_{Z_z}(\tau) = C_{gzz}(\tau) \frac{\Delta\mathfrak{F}^2 \cdot A^2}{K^2 \cdot \Delta\sigma^2}$
6	Prisma orizontală bidimensională cu secţiunea dreptunghiu (horst, graben)	$C_{gzz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \left\{ \frac{2H}{4H^2+\tau^2} + \frac{2h}{4h^2+\tau^2} - \frac{H+h}{(H+h)^2+\tau^2} - \right.$ $- H\left[\frac{1}{4H^2+(2l-\tau)^2} + \frac{1}{4H^2+(2l+\tau)^2} \right] -$ $- h\left[\frac{1}{4h^2+(2l-\tau)^2} + \frac{1}{4h^2+(2l+\tau)^2} \right] +$ $\left. + (H+h)\left[\frac{1}{(H+h)^2+(2l-\tau)^2} + \frac{1}{(H+h)^2+(2l+\tau)^2} \right] \right\}$	(f)	$C_{Z_z}(\tau) = C_{gzz}(\tau) \frac{\Delta\mathfrak{F}^2 \cdot A^2}{K^2 \cdot \Delta\sigma^2}$
7	Strat înclinat bidimensional semi-infinit (dom)	$C_{gzz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \left[\frac{2h}{4h^2+\tau^2} - \frac{h}{4h^2+(2l+\tau)^2} - \right.$ $\left. - \frac{h}{4h^2+(2l-\tau)^2} \right]$	(g)	idem.
8	Cilindru orizontal de secţiune circulară, infinit extins	$C_g(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 (\pi R^2)^2 \frac{h}{4h^2+\tau^2}$ $C_{gz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 (\pi R^2)^2 \cdot \left(\frac{2h}{4h^2+\tau^2} \right)^2 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{2h} \right)^2 \right]$ $C_{gzz}(\tau) = 48\pi K^2 \Delta\sigma^2 (\pi R^2)^2 \cdot \frac{1}{(4h^2+\tau^2)^{5/2}} \cdot \cos\left[5 \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{\tau}{2h} \right) \right]$	(h)	$C_{gz}(\tau) = C_{gx}(\tau)$ $C_z(\tau) = C_{gz}(\tau) \cdot \frac{\Delta\mathfrak{F}^2 \cdot A^2}{K^2 \cdot \Delta\sigma^2}$ $C_z(\tau) = C_H(\tau)$ $C_{Z_z}(\tau) = C_{gzz}(\tau) \cdot \frac{\Delta\mathfrak{F}^2 \cdot A^2}{K^2 \cdot \Delta\sigma^2}$

(continuare) Tabela 1

Nr. crt.	Modelul echivalent	Expresia funcției de autocorelație	Fig. 2	Observații
0	1	2	3	4
9	Prisma orizontală bidimensională cu secțiunea triunghiulară (anticlinal, sinclinal)	$C_{gzz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \sin^2\theta \left[\frac{2H}{4H^2+\tau^2} + 2\cos^2\theta \frac{2h}{4h^2+\tau^2} + \right.$ $+ \cos 2\theta \cdot \frac{H}{4H^2+(4l-\tau)^2} + \cos 2\theta \frac{H}{4H^2+(4l+\tau)^2} -$ $- 2\cos^2\theta \cdot \frac{H+h}{(H+h)^2+(2l-\tau)^2} -$ $- 2\cos^2\theta \frac{H+h}{(H+h)^2+(2l+\tau)^2} -$ $- \frac{1}{2}\sin 2\theta \cdot \frac{4l-\tau}{4H^2+(4l-\tau)^2} -$ $- \frac{1}{2}\sin 2\theta \cdot \frac{4l+\tau}{4H^2+(4l+\tau)^2} +$ $\left. + \sin 2\theta \frac{2l-\tau}{(H+h)^2+(2l-\tau)^2} + \sin 2\theta \frac{2l+\tau}{(H+h)^2+(2l+\tau)^2} \right]$	(i)	Pentru sinclinal: $\theta \to -\theta$ $C_{gzz}(\tau) \frac{\Delta\mathfrak{J}^2 \cdot A^2}{K^2 \cdot \Delta\sigma^2} = C_{Z_z}(\tau)$
10	Falia dreaptă $\left(\theta = \frac{\pi}{2}\right)$	$C_{gzz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \left[\frac{H_1}{4H_1^2+\tau^2} + \frac{h_1}{4h_1^2+\tau^2} - \frac{H_1+h_1}{(H_1+h_1)^2+\tau^2} + \right.$ $+ \frac{H_2}{4H_2^2+\tau^2} + \frac{h_2}{4h_2^2+\tau^2} - \frac{H_2+h_2}{(H_2+h_2)^2+\tau^2} -$ $- \frac{H_1+H_2}{(H_1+H_2)^2+\tau^2} + \frac{h_1+H_2}{(h_1+H_2)^2+\tau^2} +$ $\left. + \frac{H_1+h_2}{(H_1+h_2)^2+\tau^2} - \frac{h_1+h_2}{(h_1+h_2)^2+\tau^2} \right]$	(j)	$C_{gzz}(\tau) \frac{\Delta\mathfrak{J}^2 \cdot A^2}{K^2 \cdot \Delta\sigma^2} = C_{Z_z}(\tau)$

11	Linia orizontală-infinită de poli magnetici	$C_Z(\tau) = 4\pi\lambda^2 \frac{2h}{4h^2 + \tau^2}$ $C_{Z_z}(\tau) = 8\pi\lambda^2 \left(\frac{2h}{4h^2 + \tau^2}\right)^3 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{2h}\right)^2\right]$	(m)	$C_z(\tau) = C_H(\tau)$
12	Linia orizontală infinită de perechi verticale de poli magnetici (dubleți verticali de poli magnetici)	$C_Z(\tau) = 8\pi\lambda^2 \left[\frac{H}{4H^2 + \tau^2} + \frac{h}{4h^2 + \tau^2} - \frac{H + h}{(H + h)^2 + \tau^2}\right]$ $C_{Z_z}(\tau) = 8\pi\lambda^2 \left\{\left(\frac{2H}{4H^2 + \tau^2}\right)^3 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{2H}\right)^2\right] + \left(\frac{2h}{4h^2 + \tau^2}\right)^3 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{2h}\right)^2\right] - 2\left[\frac{H + h}{(H + h)^2 + \tau^2}\right]^3 \left[1 - 3\left(\frac{\tau}{H + h}\right)^2\right]\right\}$	(n)	idem.

să se determine valorile parametrilor, respectiv a constantelor care caracterizează modelul considerat şi, implicit, structura geologică studiată.

Prin urmare, studiul funcţiei de autocorelaţie conduce la informaţii suplimentare care vin să completeze sau să verifice datele obţinute pe baza studiului spectrului de putere şi a celorlalte mărimi geofizice.

4. *Proprietatea de liniaritate a funcţiilor de autocorelaţie permite realizarea unei analize a efectelor gravimetrice şi magnetice suprapuse*

Proprietatea de liniaritate se enunţă astfel :

Dacă funcţia $G(x)$ este constituită din suma unor funcţii, adică

$$G(x) = \sum_i g_i(x),$$

atunci funcţia de autocorelaţie corespunzătoare este definită de expresia

$$C(\tau) = \sum_i c_i(\tau),$$

în care $c_i(\tau)$, pentru $i = 1, 2, \ldots$, sînt funcţiile de autocorelaţie corespunzătoare funcţiilor $g_i(x)$.

Prin urmare funcţia de autocorelaţie asociată unei sume de funcţii se poate obţine prin simpla adunare a funcţiilor de autocorelaţie relative la fiecare funcţie componentă separat.

Vom considera pentru exemplificare cîteva cazuri de compunere a efectelor unor corpuri perturbante model, traduse în expresia funcţiei sinteză de autocorelaţie.

Cazul I. Un număr de n cilindri orizontali infinit extinşi, identici şi egali distanţaţi, conform figurii 3.

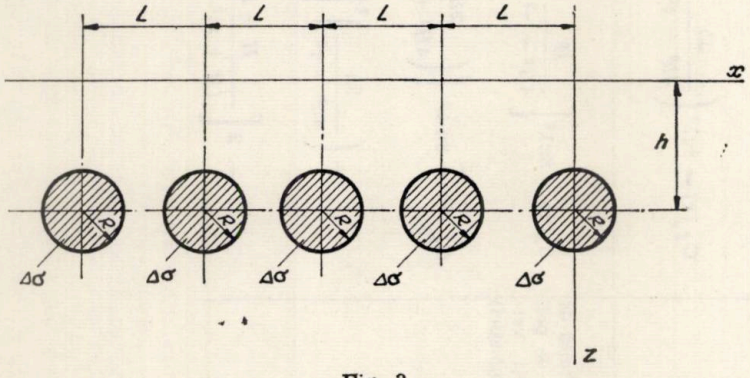


Fig. 3.

Funcţia de autocorelaţie asociată şi relativă la gravitate are expresia

$$C_g(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 (\pi R^2)^2 h \sum_{n=0}^{n} \frac{1}{4h^2 + (nL + \tau)^2},$$

în care $n = 0, 1, 2 \ldots$

Cazul II. Un număr de n cilindri orizontali infinit extinşi, identici, dar inegali distanţaţi şi plasaţi la adîncimi diferite, conform figurii 4.

Funcţia de autocorelaţie asociată şi relativă la gravitate are expresia

$$C_g(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 (\pi R^2)^2 \left[\frac{h_0}{4h_0^2 + \tau^2} + \frac{h_1}{4h_1^2 + (L_1 + \tau)^2} + \right.$$
$$\left. + \frac{h_2}{4h_2^2 + (L_1 + L_2 + \tau)^2} + \dots \right].$$

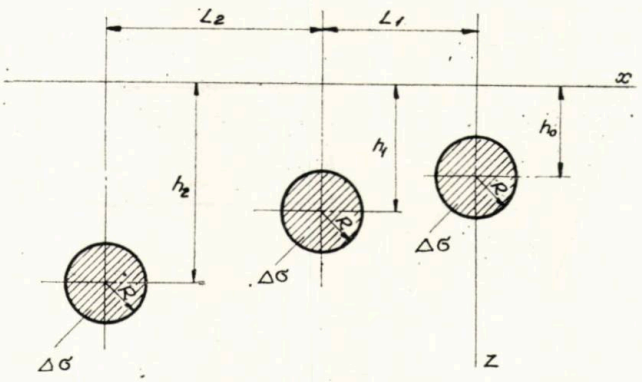


Fig. 4.

Cazul III. O succesiune de n strate înclinate bidimensionale semiinfinite (domuri înclinate), identice şi egal distanţate, conform figurii 5.

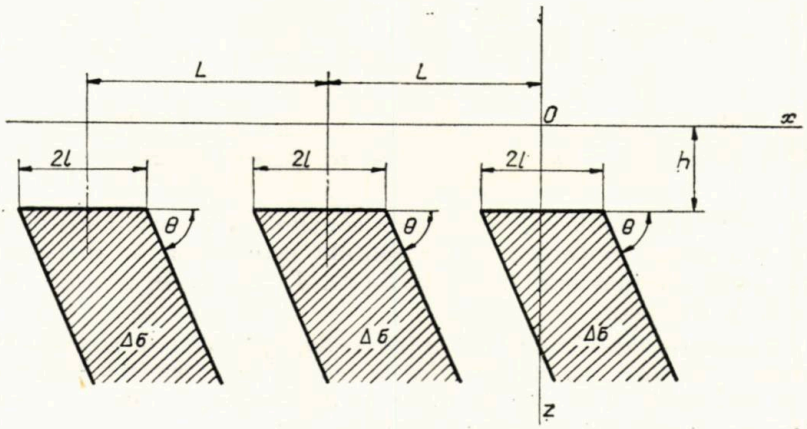


Fig. 5.

Funcţia de autocorelaţie asociată şi relativă la derivata a doua după verticală a gravitaţiei are expresia

$$C_{gzz}(\tau) = 16\pi K^2 \Delta\sigma^2 \sin^2\theta \cdot h \sum_{n=0}^{n} \left\{ \frac{1}{4h^2 + (n\mathrm{L} + \tau)^2} - \right.$$
$$\left. - \frac{1}{2} \left[\frac{1}{4h^2 + (2l + \tau + n\mathrm{L})^2} - \frac{1}{4h^2 + (2l - \tau - n\mathrm{L})^2} \right] \right\},$$

în care $n = 0, 1, 2 \dots$

Cazul IV. O treaptă dreaptă asociată cu un strat înclinat semiinfinit (dom înclinat), la aceeași adîncime, conform figurii 6.

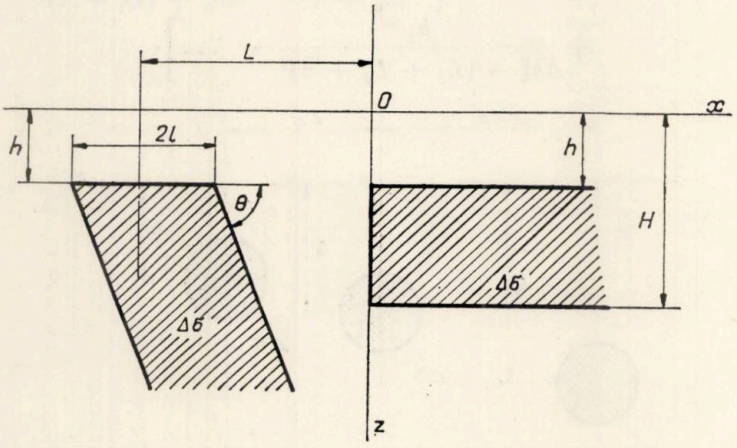


Fig. 6.

Funcția de autocorelație asociată și relativă la derivata a doua după verticală a gravitației are expresia

$$C_{gzz}(\tau) = 8\pi K^2 \Delta\sigma^2 \left[\frac{H}{4H^2 + \tau^2} + \frac{h}{4h^2 + \tau^2} - \frac{H + h}{(H + h)^2 + \tau^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{2h}{4h^2 + (L + \tau)^2} - \frac{h}{4h^2 + (2l + \tau + L)^2} - \frac{h}{4h^2 + (2l - \tau - L)^2} \right].$$

În analiza armonică a proceselor continue s-a considerat de către Norbert Wiener că noțiunea fundamentală este aceea de autocorelație, utilizată pentru prima oară în 1921 de G. I. Taylor în studiul curgerii turbulente a fluidelor.

5. *Teoremele derivării și integrării reale, aplicate expresiei spectrului de frecvență relativ la o mărime geofizică oarecare și la un model bidimensional, conduc la expresiile spectrelor de frecvență ale derivatelor, de toate ordinele ale potențialelor gravitațional sau magnetic*

Dacă $S(\omega)$ reprezintă spectrul de frecvență al unei funcții $g(x)$ corespunzătoare unei derivate oarecare a potențialului gravitațional sau magnetic, teoremele amintite sînt următoarele:

— teorema derivării reale; dacă trebuie determinat spectrul de frecvență corespunzător derivatei a n-a funcției $g(x)$, adică

$$S^{(n)}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\mathrm{d}^n}{\mathrm{d}x^n} g(x) \cdot \mathrm{e}^{-j\omega x} \cdot \mathrm{d}x,$$

atunci, conform acestei teoreme, vom avea

$$S^{(n)}(\omega) = (j\omega)^{(n)} \cdot S(\omega),$$

adică, derivarea de ordinul n în raport cu variabila domeniului real x, se transformă în domeniul complex (spectral) într-o multiplicare a spectrului de frecvenţă $S(\omega)$ cu variabila complexă $(j\omega)^n$, dacă este satisfăcută condiţia pînă la derivata de ordinul $(n-1)$:

$$\lim \frac{\mathrm{d}^{(n-1)}}{\mathrm{d}x^{n-1}} g(x) = 0,$$

$$x \to \pm \infty$$

— teorema integrării reale; dacă trebuie determinat spectrul de frecvenţă corespunzătoare integralei funcţiei $g(x)$, adică

$$S_{(-1)}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\int g(x) \cdot \mathrm{d}x \right] \cdot \mathrm{e}^{-j\omega x} \cdot \mathrm{d}x,$$

atunci, conform acestei teoreme, vom avea

$$S_{(-1)}(\omega) = \frac{1}{j\omega} S(\omega),$$

şi generalizînd

$$S_{(-n)}(\omega) = \frac{1}{(j\omega)^n} \cdot S(\omega),$$

adică, integrarea în raport cu variabila domeniului real x, se transformă în domeniul complex (spectral) într-o împărţire a spectrului de frecvenţă $S(\omega)$ cu variabila complexă $(j\omega)$, dacă este satisfăcută condiţia

$$\int_{-\infty}^{+\infty} g(x) \cdot \mathrm{d}x = 0.$$

Prezentăm tabela 2 care conţine expresiile spectrelor de frecvenţă relative la una din cele mai vechi şi mai cunoscute mărimi geofizice şi anume gradientul orizontal al gravitaţiei şi la modelele bidimensionale utilizate în practica geofizică şi redate în figurile $2a - 2n$.

În continuare, pe baza formulelor de definiţie cunoscute se stabilesc expresiile mărimilor spectrale utilizate în practica geofizică : spectrul de putere, spectrul fazei, funcţia de autocorelaţie şi energia totală a anomaliei.

Tabela a 2-a

Expresiile spectrelor de frecvență relative la gradientul orizontal al gravitației, componentele z și h ale cîmpului magnetic, pentru diferite modele echivalente bidimensionale

Nr. crt.	Modelul echivalent	Expresia spectrului de frecvență relativ la gradientul orizontal al gravitației	Fig. 2.	Observații
1	Placă orizontală bidimensională	$S_{gx}(\omega) = -j4\pi K \mu e^{-h\omega} \sin(l\omega)$	(*a*)	
2	Semiplacă orizontală bidimensională	$S_{gx}(\omega) = 2\pi K \mu e^{-h\pi}$	(*b*)	
3	Placă verticală bidimensională semi-infinită	$S_{gx}(\omega) = -j2\pi K \mu \cdot e^{-h\omega}$	(*c*)	
4	Placă verticală bidimensională finită	$S_{gx}(\omega) = -j2\pi K\mu \left(e^{-h_1\omega} - e^{-h_2\omega} \right)$	(*d*)	
5	Treaptă oblică bidimensională	$S_{gx}(\omega) = -2\pi K\Delta\sigma \sin\theta \cdot \frac{1}{\omega}[e^{-H\omega}\sin(\omega l + \theta) + e^{-h\omega}\sin(\omega l - \theta)] + j2\pi K \Delta\sigma \cdot \sin\theta \cdot \frac{1}{\omega}[e^{-H\omega}\cos(\omega l + \theta) - e^{-h\omega}\cos(\omega l - \theta)]$	(*e*)	Pentru treapta inversă $2l \longrightarrow -2l$
6	Prismă orizontală bidimensională cu secțiunea dreptunghiu (horst-graben)	$S_{gx}(\omega) = -j4\pi K \Delta\sigma \cdot \frac{1}{\omega}(e^{-H\omega} - e^{-h\omega}) \cdot \sin(l\omega)$	(*f*)	Pentru graben: $\Delta\sigma \longrightarrow -\Delta\sigma$
7	Strat înclinat bidimensional semi-infinit (dom înclinat)	$S_{gx}(\omega) = -2\pi K\Delta\sigma\sin 2\theta \cdot \frac{1}{\omega} \cdot e^{-h\omega} \sin(l\omega) + j2\pi K\Delta\sigma 2 \sin^2\theta \cdot \frac{1}{\omega} \cdot e^{-h\omega} \sin(l\omega).$	(*g*)	
8	Cilindru orizontal de secțiune circulară, infinit extins	$S_{gx}(\omega) = j2\pi K \Delta\sigma \cdot \pi R^2 \cdot \omega e^{-h\omega}$	(*h*)	

9	Prisma orizontală bidimensională cu secțiunea triunghiulară (anticlinal, sinclinal)	$S_{gx}(\omega) = j4\pi K\Delta\sigma \sin\theta \cdot \frac{1}{\omega}\left[e^{-H\omega}\cdot\cos(2l\omega+\theta) - e^{-h\omega}\cdot\cos\theta\right]$	(*i*)	Pentru sinclinal $\theta \to -\theta$.
10	Falia	$S_{gx}(\omega) = -2\pi K\,\Delta\sigma\,\sin\theta\cdot\frac{1}{\omega}\{e^{-H_1\omega}\sin(l\omega+\theta)+ +e^{-h_1\omega}\sin(l\omega-\theta) - e^{-H_2\omega}\sin[(a+l)\omega+\theta] - e^{-h_2\omega}\sin[(a-l)\omega+\theta]\} + j\cdot 2\pi K\,\Delta\sigma\sin\theta\cdot\frac{1}{\omega}\{e^{-H_1\omega}\cos(l\omega+\theta) - e^{-h_1\omega}\cos(l\omega-\theta) - e^{-H_2\omega}\cos[(a+l)\omega+\theta] + e^{-h_2\omega}\cos[(a-l)\omega+\theta]\}$	(*j*)	Pentru falia inversă $2l \to -2l$ $(a+l) \to -(a+l)$ $(a-l) \to -(a-l)$
11	Prisma orizontală bidimensională cu secțiunea segment de cerc (anticlinal, sinclinal)	$S_{gx}(\omega) = j2K\Delta\sigma\,\frac{\pi R^2}{H_0^2}\,e^{-h\omega}\left\{\left[6\,\frac{1}{H_0^2}\cdot\frac{1}{\omega^3} + 2\left(3\,\frac{h}{H_0^2}+\frac{1}{H_0}\right)\cdot\frac{1}{\omega^2} + \left(2\,\frac{h}{H_0} - \frac{H_0^2}{R^2} - 3\,\frac{l^2-h^2}{H_0^2}+1\right)\cdot\frac{1}{\omega}\sin(l\omega) - 2l\left[3\cdot\frac{1}{H_0^2}\cdot\frac{1}{\omega^2} + \left(3\,\frac{h}{H_0^2}+\frac{1}{H_0}\right)\frac{1}{\omega}\cos(l\omega)\right]\right.\right.$	(*k*)	Pentru sinclinal $H_0 \to -H_0$
12	Trepte oblice bidimensionale suprapuse	$S_{gx}(\omega) = -2\pi K\,\Delta\sigma\cdot\sin\theta\cdot\frac{1}{\omega}\left\{e^{-H_1\omega}\sin(l\omega+\theta) + e^{-h_1\omega}\sin(l\omega-\theta) + e^{-H_2\omega}\sin[(a+l)\omega+\theta] + e^{-h_2\omega}\sin[(a-l)\omega+\theta] + j2\pi K\,\Delta\sigma\sin\theta\cdot\frac{1}{\omega}\{e^{-H_1\omega}\cos(l\omega+\theta) - e^{-h_1\omega}\cos(l\omega-\theta) + e^{-H_2\omega}\cos[(a+l)\omega+\theta] - e^{-h_2\omega}\cdot\cos[(a-l)\omega+\theta]\}$	(*l*)	
13	Linie orizontală infinită de poli magnetici	$S_H(\omega) = j2\pi\lambda e^{-h\omega}$ $S_Z(\omega) = 2\pi\lambda\cdot e^{-h\omega}$	(*m*)	$-\Delta M$ = masa magnetică $\lambda = -\frac{\Delta M}{\Delta y}$, densitatea liniară de masă magnetică.
14	Linie orizontală infinită de perechi verticale de poli magnetici (dubleț vertical de poli magnetici)	$S_H(\omega) = j2\pi\lambda\,(e^{-h\omega} - e^{-H\omega})$ $S_Z(\omega) = 2\pi\lambda(e^{-h\omega} - e^{-H\omega})$.	(*n*)	idem.

Teoremele prezentate mai permit ca să se stabilească cîteva relații interesante pentru procesul de interpretare. Astfel, se pot scrie egalitățile :

— pentru spectrele de putere,
mărimi gravimetrice : $\omega^4 P_g(\omega) \equiv \omega^2 P_{gz}(\omega) \equiv \omega^2 P_{gx}(\omega) \equiv \equiv P_{gzz}(\omega) \equiv P_{gzx}(\omega)$,
mărimi magnetice : $\omega^2 P_H(\omega) \equiv \omega^2 P_Z(\omega) \equiv P_{Z_z}(\omega)$,
— pentru spectrul fazelor,
mărimi gravimetrice : $\varphi_g \equiv \varphi_{gz} \equiv \varphi_{gzz}$; $\varphi_{gx} \equiv \varphi_{gzx}$,
mărimi magnetice : $\varphi_z \equiv \varphi_{zz}$.

6. *Teoremele liniarității și a translației reale relative la spectrele de frecvență conduc la o sinteză a suprapunerii efectelor generate de mai multe corpuri perturbante*

Cele două teoreme menționate se enunță astfel :

— teorema liniarității, adică

$$G(x) = \sum_i g_i(x),$$

atunci

$$S(\omega) = \sum_i S_i(\omega),$$

adică, spectrul sumei funcțiilor reale este egal cu suma spectrelor relative la fiecare funcție în parte ; această teoremă definește caracterul liniar al transformării Fourier ;

— teorema translației reale ; dacă asupra funcției $g(x)$ efectuăm o translație $x + l$, spectrul funcției $g(x + l)$ va fi

$$S_{x+l}(\omega) = e^{-j\omega l} \cdot S(\omega),$$

în care

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x) \cdot e^{-j\omega x} \cdot dx,$$

adică, o translație de-a lungul axei x în domeniul real se transformă într-o multiplicare cu o exponențială în domeniul spectral (complex).

Ca exemplificare să luăm în considerație următoarele cazuri de compunere a efectelor unor corpuri perturbante bidimensionale :

Cazul I. Corpuri perturbante identice și egal distanțate, conform figurii 7.

a) Pentru două corpuri perturbante identice valoarea spectrului de frecvență este

$$S_2(\omega) = S_1(\omega) \cdot (1 + e^{j\omega L}).$$

b) Pentru n corpuri perturbante identice şi egal distanţate, valoarea spectrului de frecvenţă este, după ce am efectuat suma progresiei geometrice cu raţia $e^{j\omega l}$,

$$S_n(\omega) = S_1(\omega) \cdot \frac{e^{nj\omega L} - 1}{e^{j\omega L} - 1}.$$

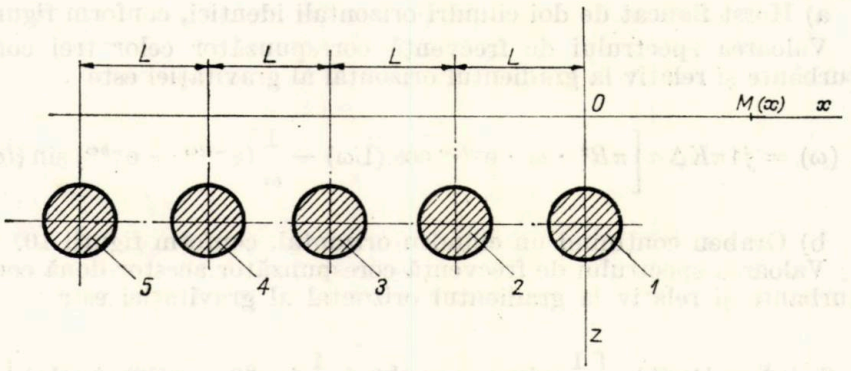


Fig. 7.

Dacă $n = \infty$, vom avea

$$S_\infty(\omega) = S_1(\omega) \cdot \frac{1}{1 - e^{j\omega L}}.$$

Cazul II. Corpuri perturbante identice dar inegal distanţate conform figurii 8.

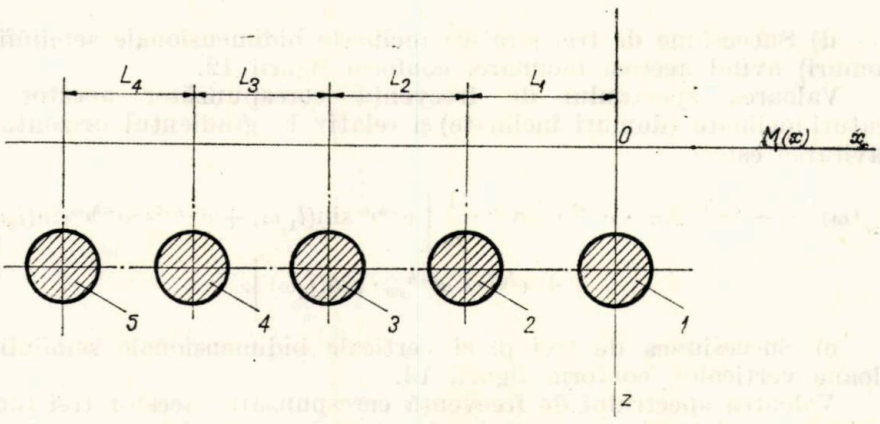


Fig. 8.

a) Pentru trei corpuri perturbante valoarea spectrului de frecvenţă este

$$S_3(\omega) = S_1(\omega) \cdot [1 + e^{j\omega L_1} + e^{j\omega(L_1 + L_2)}].$$

b) Pentru mai multe corpuri perturbante valoarea spectrului de frecvență este

$$S_n(\omega) = S_1(\omega)[1 + e^{j\omega L_1} + e^{j\omega(L_1+L_2)} + e^{j\omega(L_1+L_2+L_3)} + \ldots].$$

Cazul III. Suprapunerea efectelor mai multor corpuri perturbante diferite :

a) Horst flancat de doi cilindri orizontali identici, conform figurii 9.

Valoarea spectrului de frecvență corespunzător celor trei corpuri perturbante și relativ la gradientul orizontal al gravitației este

$$S_{gx}(\omega) = j4\pi K\Delta\sigma\left[\pi R^2 \cdot \omega \cdot e^{-h_0\omega}\cos(L\omega) - \frac{1}{\omega}(e^{-H\omega} - e^{-h\omega})\sin(l\omega)\right].$$

b) Graben conținînd un cilindru orizontal, conform figurii 10.

Valoarea spectrului de frecvență corespunzător acestor două corpuri perturbante și relativ la gradientul orizontal al gravitației este

$$S_{gx}(\omega) = j4\pi K\Delta\sigma\left[\frac{1}{2}\pi R^2 \cdot \omega \cdot e^{-h_0\omega} + \frac{1}{\omega}(e^{-H\omega} - e^{-h\omega})\sin(l\omega)\right].$$

c) Placă orizontală bidimensională flancată de două plăci verticale bidimensionale semiinfinite, conform figurii 11.

Valoarea spectrului de frecvență corespunzător acestor trei corpuri perturbante și relativ la gradientul orizontal al gravitației este

$$S_{gx}(\omega) = -j4\pi K\,[\mu' e^{-h\omega}\cos(L\omega) + \mu e^{-h_0\omega}\sin(l\omega)].$$

d) Succesiune de trei straturi înclinate bidimensionale semiinfinite (domuri) avînd aceeași înclinare, conform figurii 12.

Valoarea spectrului de frecvență corespunzător acestor trei straturi înclinate (domuri înclinate) și relativ la gradientul orizontal al gravitației este

$$S_{gx}(\omega) = -4\pi K\Delta\sigma \cdot e^{-j\theta} \cdot \sin\theta \cdot \frac{1}{\omega}\Big[e^{-h_1\omega}\sin(l_1\omega) + e^{-j\omega L_2}\cdot e^{-h_2\omega}\sin(l_2\omega) + e^{j\omega L_3}\cdot e^{-h_3\omega}\cdot\sin(l_3\omega)\Big].$$

e) Succesiunea de trei plăci verticale bidimensionale semiinfinite (filoane verticale), conform figurii 13.

Valoarea spectrului de frecvență corespunzător acestor trei filoane verticale și relativ la gradientul orizontal al gravitației este

$$S_{gx}(\omega) = -j2\pi K\mu\,(e^{-h_1\omega} + e^{-j\omega L_2}\cdot e^{-h_2\omega} + e^{-j\omega L_3}\cdot e^{-h_3\omega}).$$

Compunerea de efecte poate fi extinsă și pentru alte combinații de modele echivalente sau derivate ale potențialului gravitațional sau magnetic.

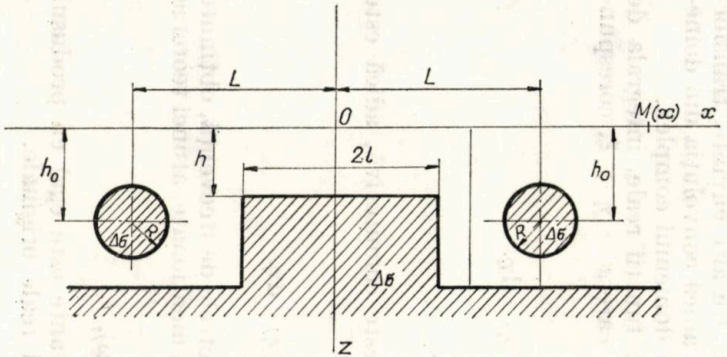
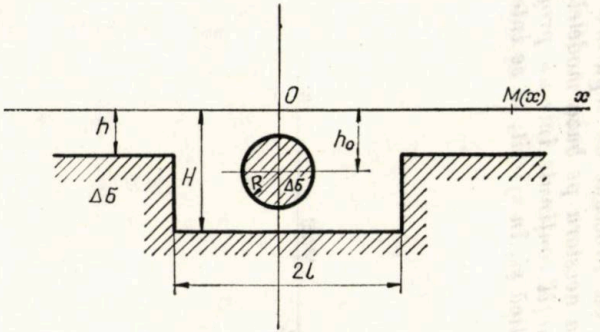


Fig. 9.



Fig, 10.

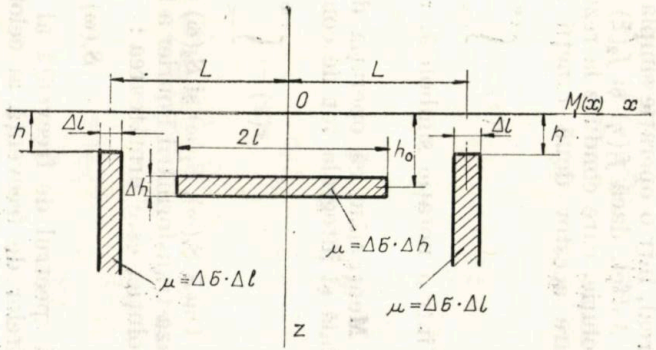


Fig. 11.

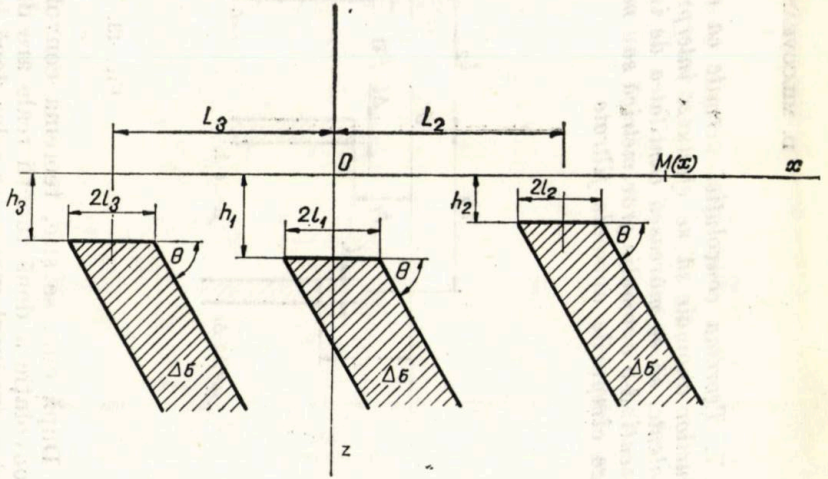


Fig. 12.

7. Teorema convoluției permite ca odată cu procesul de separare a cîmpurilor anomale să se efectueze interpretarea acestora pe baza modelelor echivalente, să se mărească cantitatea de informații conținute într-un profil reprezentînd-o anomalie gravimetrică sau magnetică și, în sfîrșit, să se interpreteze cîmpurile anomale filtrate

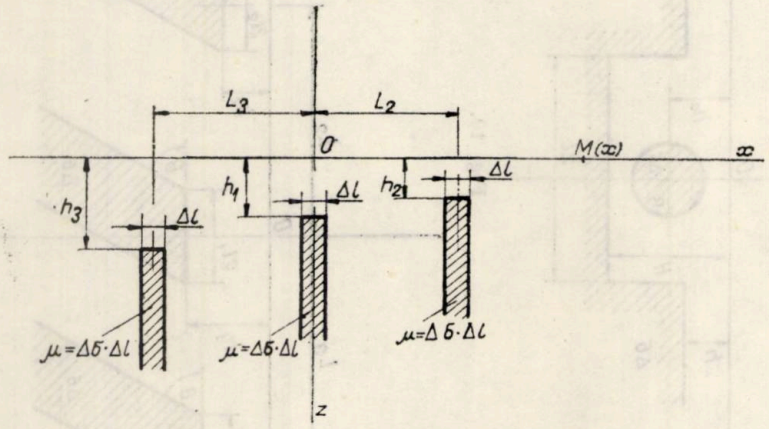


Fig. 13.

După cum se știe, teorema convoluției demonstrează că procesul de convoluție a două funcții reale are drept corespondență în domeniul complex produsul spectrelor celor două funcții. Cu alte cuvinte, transformarea Fourier schimbă o operație complicată, adică convoluția din domeniul real, într-o operație simplă, înmulțirea în domeniul complex.

Astfel, dacă $f_1(\eta)$ și $f_2(\xi)$ sînt cele două funcții reale, integrala de convoluție, care conduce la rezultanta $r(x)$ în care $x = \eta + \xi$, corespunzătoare acestor două funcții reale este

$$r(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\eta) \cdot f_2(x - \eta) \cdot d\eta$$

sau, într-o notație simbolică, $r(x) = f_1 \underset{f_1 * f_2}{\cup} f_2$.

Menționăm că operația de convoluție este comutativă, adică este valabilă și integrala tot de convoluție:

$$r(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(x - \eta) \cdot f_2(\eta) \cdot d\eta.$$

Dacă $S_r(\omega)$, $S_1(\omega)$ și $S_2(\omega)$ reprezintă spectrele de frecvență, obținute pe baza transformării Fourier a funcțiilor reale menționate, atunci teorema convoluției este următoarea:

$$S_r(\omega) = S_1(\omega) \cdot S_2(\omega),$$

adică spectrul de frecvență al funcției rezultante este egal cu produsul spectrelor de frecvență al celor două funcții reale originale.

Ca o completare a acestei teoreme se mai poate adăuga :

— dacă $r(x) = f_1(x) \cdot f_2(x)$, atunci $S_r(\omega) = S_1(\omega) \underset{S_1(\omega) * S_2(\omega)}{\cup} S_2(\omega)$,

— dacă $S_r(\omega) = S_1(\omega) \cdot S_2(\omega)$, atunci $r(x) = f_1(x) \underset{f_1(x) * f_2(x)}{\cup} f_2(x)$,

aceasta din urmă numindu-se și teorema lui Parseval.

În sfîrșit, vom menționa că în termenii spectrelor de putere, teorema convoluției este

$$P_r(\omega) = P_1(\omega) \cdot P_2(\omega).$$

Proprietățile menționate mai sus dau posibilitatea unei interpretări, bazată pe tehnica analizei Fourier, ameliorate și cu mai multe posibilități.

Vom prezenta în cele ce urmează următoarele posibilități :

a) Este indicat ca un profil care urmează să fie interpretat să stocheze o cantitate cît mai mare de informații. Pentru aceasta, unul din mijloacele de realizare este și acela de a cumula într-un profil rezultatele mai multor explorări, ca, de exemplu, gravimetrică și magnetică sau a două derivate ale potențialului gravimetric sau magnetic ș.a.

Această cumulare de informații, care reprezintă o rezultantă, se poate realiza cu ajutorul convoluției.

Astfel, să considerăm că sînt cunoscute :

— rezultatele explorări magnetometrice : $Z(x)$,

— rezultatele explorări gravimetrice : $g(x)$.

Rezultatele acestor două explorări vor fi examinate în termenii efectului convoluției :

$$r(x) = g(x) \underset{g(x) * Z(x)}{\cup} Z(x)$$

sau

$$r(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x) \cdot Z(x - \eta) \cdot \mathrm{d}\eta$$

sau

$$r(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(x - \eta) \cdot Z(x) \cdot \mathrm{d}\eta.$$

Este evident că informația conținută în profilul rezultant $r(x)$ este superioară celei conținute în fiecare din cele două profile menționate considerate separat.

Dar teorema lui Parseval ne indică că este mai avantajos ca să se conducă această interpretare în termenii spectrelor de frecvență corespunzători.

Astfel, dacă $S_r(\omega)$, $S_g(\omega)$ şi $S_z(\omega)$ reprezintă spectrele de frecvenţă, obţinute pe baza transformării Fourier, atunci putem scrie relaţia

$$S_r(\omega) = S_g(\omega) \cdot S_z(\omega).$$

Prin urmare spectrul de frecvenţă rezultant $S_r(\omega)$ poate fi obţinut fie pe baza tratării grafic-analitice a diagramei $r(x)$, obţinută pe baza integralei de convoluţie, adică

$$S_r(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} r(x) \cdot e^{-j\omega x} \cdot dx,$$

fie pe baza unui tratament similar al celor două diagrame $g(x)$, $Z(x)$ şi apoi a înmulţirii celor două spectre de frecvenţă obţinute.

În continuare, spectrul de frecvenţă rezultant trebuie interpretat.

Pentru o interpretare bazată pe tehnica modelelor echivalente, după alegerea modelului cel mai indicat, vom construi un spectru de frecvenţă rezultant pentru modelul respectiv, conform relaţiei

$$S_{m,r}(\omega) = S_{m,g}(\omega) \cdot S_{m,z}(\omega).$$

Acest spectru rezultant, $S_{m,r}(\omega)$, îl vom compara cu spectrul $S_r(\omega)$ rezultat al măsurătorilor de teren. Aceasta din urmă se obţine fie pe baza integralei de convoluţie, fie pe baza teoremei convoluţiei.

În tabela a 3-a prezentăm cîteva spectre rezultante, corespunzătoare unor anumite modele şi mărimi geofizice.

b) Sînt cunoscute tehnicile elaborate pentru separarea cîmpurilor potenţiale. Printre aceasta amintim pe cele mai reprezentative : medierile, derivatele verticale, contînările analitice în sus şi în jos ş.a.

Toate aceste tehnici se încadrează în teoria filtrării liniare, care, pe baza integralei de convoluţie scrisă în exprimarea :

$$g_s(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} W(x) \cdot g(x - \eta) \cdot d\eta,$$

în care $W(x)$ este funcţia pondere caracteristică operaţiei de filtrare efectuată şi al cărui spectru de frecvenţă, denumit şi funcţie de transfer, este $H(\omega)$;

$g(x)$ — cîmpul sursă, adică anomalia geofizică cercetată avînd ca spectru de frecvenţă $S_g(\omega)$;

$g_s(x)$ — cîmpul rezultant, adică anomalia geofizică separată şi care are ca spectru de frecvenţă $S_s(\omega)$;

şi a teoremei convoluţiei :

$$S_s(\omega) = H(\omega) \cdot S_g(\omega),$$

conduc la spectrul de frecvenţă separat sau operat $S_s(\omega)$, care se obţine prin simpla multiplicare a spectrului de frecvenţă al funcţiei primitive $S_g(\omega)$ cu funcţia de transfer $H(\omega)$.

Tabela a 3-a

Spectrele de frecvență rezultante pentru cîteva modele și mărimi geofizice

Nr. crt.	Modelul	Fig. 2.	Mărimi stocate	Spectrul de frecvență rezultant	Observ.
1	Cilindrul orizontal infinit cu secțiunea circulară	(*h*)	g ; Z.	$S_{m,r}(\omega) = 4\pi^2 K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J}(\pi R^2)^2 \sin I_0 \cdot \omega \cdot e^{-2h\omega} + j4\pi^2 K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J}(\pi R^2)^2 \cos I_0 \cdot \cos\varepsilon \cdot \omega e^{-2h\omega}$	
2	Placă verticală bidimensională semiinfinită	(*c*)	g ; Z_z.	$S_{m,r}(\omega) = 4\pi^2 K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J}(\Delta l)^2 \sin I_0 \cdot e^{-2h\omega} + j4\pi^2 K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J} \cdot (\Delta l)^2 \cos I_0 \cdot \cos\varepsilon \cdot e^{-2h\omega}$	
3	Treaptă dreaptă	(*e*)	g ; Z.	$S_{m,r}(\omega) = 4\pi^2 \cdot K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J} \cdot \sin I_0 \frac{1}{\omega^3} (e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2 + j4\pi^2 K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J} \cdot \cos I_0 \cdot \cos\varepsilon \cdot \frac{1}{\omega^3} (e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2$	
4	Prisma orizontală bidimensională cu secțiunea (horst, graben) dreptunghiu	(*f*)	g ; Z.	$S_{m,r}(\omega) = 16\pi^2 K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J} \cdot \sin I_0 \cdot \frac{1}{\omega^3} (e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2 \cdot \sin^2(l\omega) - j16\pi^2 K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J} \cdot \cos I_0 \cos\varepsilon \cdot \frac{1}{\omega^3} (e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2 \cdot \sin^2(l\omega)$	
5	Strat înclinat bidimensional semiinfinit	(*g*)	g ; Z.	$S_{m,r}(\omega) = \left[4\pi^2 K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J} \cdot B \cdot 4\sin^4\theta \cdot \frac{1}{\omega^3} e^{-2h\omega} \sin^2(l\omega) + 4\pi^2 K\Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J} \cdot C \cdot \sin^2 2\theta \cdot \frac{1}{\omega^3} e^{-2h\omega} \cdot \sin^2(l\omega) \right] + j \left[4\pi^2 \cdot K \cdot \Delta\sigma^2 \cdot \Delta\mathfrak{J} \cdot B \cdot 4 \cdot \sin^3\theta \cdot \cos\theta \cdot \frac{1}{\omega^3} e^{-2h\omega} \cdot \sin^2(l\omega) - 4\pi^2 \cdot K \cdot \Delta\sigma \cdot \Delta\mathfrak{J} \cdot C \cdot 4 \cdot \sin^3\theta \cdot \cos\theta \cdot \frac{1}{\omega^3} e^{-2h\omega} \sin^2(l\omega) \right]$ în care $B = \sin I_0 \sin\theta - \cos I_0 \cdot \cos\varepsilon \cdot \cos\theta$, $C = \sin I_0 \cos\theta + \cos I_0 \cdot \sin\theta \cdot \cos\varepsilon$	

Prin urmare, procesul de interpretare, avînd la bază separarea cîmpurilor potenţiale, se conduce în cazul unei analize spectrale în felul următor :

— se operează profilul obţinut pe baza măsurătorilor de teren prin intermediul integralei de convoluţie, respectiv tehnicilor specifici şi se obţine cîmpul rezultant $g_s(x)$; operaţiile amintite sînt, de exemplu, medieri, prelungiri analitice ş.a., toate cunoscute din literatura de specialitate ;

— pe baza transformării Fourier se obţine spectrul de frecvenţă $S_s(\omega)$ al acestui profil ;

— pentru interpretarea acestui profil separat, vom alege modelul cel mai corespunzător ; spectrul acestuia, corespunzător mărimii geofizice ilustrate în profilul interpretat fiind $S_{m,g}(\omega)$; aceste formule spectrale se obţin pe baza tabelei a 2-a şi a consideraţiilor de la punctul 5 ;

— se operează acest spectru corespunzător operaţiei de separare efectuată asupra profilului, obţinute pe baza măsurătorilor de teren, prin multiplicarea spectrului corespunzător modelului cu funcţia de transfer respectivă $H(\omega)$, adică

$$S_{m,s}(\omega) = H(\omega) \cdot S_{m,g}(\omega),$$

— acest spectru separat $S_{m,s}(\omega)$ se compară cu spectrul separat obţinut pe baza măsurătorilor de teren $S_s(\omega)$ şi se trag concluziile corespunzătoare.

În tabela a 4-a prezentăm cîteva funcţii pondere şi de transfer, legate evident prin integrala Fourier :

$$H(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} W(x) \cdot e^{-j\omega x} \cdot dx,$$

corespunzătoare operaţiilor de separare cele mai des utilizate în practica interpretării profilelor unidimensionale relative la cîmpurile potenţiale. În cazul că se consideră spectrele de putere, funcţia de transfer se ridică la pătrat, adică în modul $|H(\omega)|^2$.

Vom menţiona că operaţia de prelungire analitică în jos este dificilă deoarece cu cît este mai mare frecvenţa, cu atît mai mare este şi amplificarea. Într-o astfel de analiză este indicat a se gîndi în termenii spectrului unui profil care a putut fi întocmit la cota $-z$, în apropierea surselor care au generat anomaliile studiate.

Exemplu. Să considerăm modelul treaptă dreaptă din figura 2*e* şi să stabilim expresiile spectrelor corespunzătoare operărilor, pe baza funcţiilor de transfer, prezentate în tabela a 4-a.

Expresia spectrului de putere relativ la gravitate şi la modelul treaptă dreaptă este, conform tabelei a 2-a şi a consideraţiunilor de la punctul 5 :

$$P_g(\omega) = 4\pi^2 K^2 \cdot \Delta\sigma^2 \cdot \frac{1}{\omega^4} (e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2.$$

Tabela a 4-a

Funcţiile pondere şi de transfer relative la principalele operaţii de separare a cîmpurilor potenţiale
Separări de cîmpuri pe profile)

Nr. crt.	Denumirea operaţiei de separare	Funcţia pondere $W(x)$	Funcţia de transfer : $H(\omega)$
1	Medierea pe două puncte egal depărtate de origine, $(\delta/2)$	$\dfrac{g\left(x-\dfrac{\delta}{2}\right)+g\left(x+\dfrac{\delta}{2}\right)}{2}$	$\cos\left(\dfrac{\delta\omega}{2}\right)$
2	Medierea pe n puncte pare egal depărtate de origine	$C_m \sum_{i=1}^{n/2}$	$\dfrac{2}{n} C_m \sum_{i=1}^{n/2} \cos\left(\dfrac{\delta_i\omega}{2}\right)$
3	Derivata a doua după x	$\dfrac{\partial^2}{\partial x^2}$	$(j\omega)^2$
4	Derivata de ordinul n după x, multiplicare cu factor de pondere şi sumare	$\sum_n a_n \dfrac{\mathrm{d}^n}{\mathrm{d}x^n}$	$\sum_n a_n (j\omega)^n$
5	Derivata a doua după verticală	$\dfrac{\partial^2}{\partial z^2}$	ω^2
6	Derivata de ordinul n după verticală, multiplicare cu factor de pondere şi sumare	$\sum_n a_n \dfrac{\mathrm{d}^n}{\mathrm{d}z^n}$	$\sum_n a_n \omega^n$
7	Prelungire analitică în sus la cota z (Dean, 1958)	$\dfrac{z}{\pi} \cdot \dfrac{1}{z^2+x^2}$	$\mathrm{e}^{-z\omega}$
8	Combinaţii liniare ale valorilor funcţiei (sumă ponderată)	$\sum_{i=1}^{n} a_i\, g(x \pm x_i).$	$\sum_{i=1}^{n} a_i \mathrm{e}^{j\omega x_i}$
9	Calculul grafic al gradientului vertical g_z pe baza valorilor gravitaţiei g	$C_z \sum_{i=1}^{n/2} [g(x_i) - g(0)]$ în care $C_z = \dfrac{4}{\pi n}\left[\dfrac{1}{\delta_i} - \dfrac{1}{\delta_{i+1}}\right]$	$\dfrac{2}{n} \sum_{i=1}^{n/2}\left[\cos\left(\dfrac{\delta_i\omega}{2}\right) - 1\right]$
10	Valoarea medie a funcţiei potenţiale în $n/2$ puncte pare, egal distanţate de-a-lungul liniei de profil $(\delta/2)$	$C_{\text{med}} \sum_{i=1}^{n/2} g(x_i)$	$\dfrac{1}{n} C \dfrac{\sin\left(\dfrac{n\delta\omega}{2}\right)}{\sin\left(\dfrac{\delta\omega}{2}\right)}$
11	Medierea prin integrare între limitele $-l$ şi $+l$	$\dfrac{1}{2l}\int_{-\infty}^{+\infty} g(l)\cdot \mathrm{d}l$	$\dfrac{\sin(l\omega)}{(l\omega)}$
12	Prelungirea analitică în jos la cota $-z$, sursa aflîndu-se la adîncimea Hi_0 idem pentru un spectru aproximativ (Dean, 1958)	$\dfrac{z}{\pi}\cdot\dfrac{1}{z^2+x^2}\,\mathrm{e}^{z\omega_0}\cdot\left(\cos\omega_0 x + \dfrac{x}{z}\sin\omega_0 x\right)$ $\omega_0 \to \infty$	$(\mathrm{e}^{\omega z} - 1)\,\mathrm{e}^{-\omega H}$ aprox. $\mathrm{e}^{\omega z}$
13	Medierea pe n puncte pare egal depărtate de origine şi prelungire analitică în sus la cota $+z$	$\dfrac{2}{\pi}\sum_{i=1}^{n/2}\left(\operatorname{arc\,tg}\dfrac{\delta_{i+1}}{2z} - \operatorname{arc\,tg}\dfrac{\delta_i}{2z}\right) g_i(x)$	$\mathrm{e}^{-z\omega}\cdot\dfrac{2}{n}\sum_{i=1}^{n/2}\cos\left(\dfrac{\delta_i\omega}{2}\right)$

În urma operațiilor de separare se obțin următoarele expresii :

— medierea pe două puncte egal depărtate ($\delta/2$) de origine :

$$4\pi^2K^2 \cdot \Delta\sigma^2 \cdot \frac{1}{\omega^4}(e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\delta\omega}{2}\right),$$

adică peste exponențiala specifică modelului se suprapune o funcție periodică ;

— derivata a două după x :

$$4\pi^2K^2\,\Delta\sigma^2 \cdot (e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2,$$

— derivata a două după verticală :

$$4\pi^2K^2\,\Delta\sigma^2 \cdot (e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2,$$

adică expresia derivatei a două după verticală a gravitației g_{zz},

— prelungirea analitică în sus la cota z :

$$4\pi^2K^2\,\Delta\sigma^2 \cdot \frac{1}{\omega^4}[e^{-(h+z)\omega} - e^{-(H+z)\omega}]^2,$$

adică ca și cum s-ar fi mărit cu z adîncimea treptei,

— medierea prin integrare între limitele $-l$ și $+l$:

$$4\pi^2K^2\,\Delta\sigma^2\frac{1}{\omega^4}(e^{-h\omega} - e^{-H\omega})^2 \cdot \left[\frac{\sin(l\omega)}{(l\omega)}\right]^2,$$

— spectrul aproximativ al prelungirii analitice în jos la cota $-z$:

$$4\pi^2K^2\,\Delta\sigma^2\frac{1}{\omega^4}[e^{-(h-z)\omega} - e^{-(H-z)\omega}]^2,$$

adică ca și cum adîncimea treptei s-ar fi micșorat cu z,

— prelungirea analitică în jos la cota $-z$, adîncimea modelului fiind în apropierea cotei $-H_0$:

$$4\pi^2K^2\,\Delta\sigma^2\frac{1}{\omega^4}[e^{-(h+H_0)\omega} - e^{-(H+H_0)\omega}]^2\,(e^{\omega z} - 1)^2.$$

Pe baza unor astfel de expresii se interpretează profilele operate în vederea separării cîmpurilor și care apoi sînt traduse în termeni spectrali pe baza transformatei Fourier.

Astfel de expresii pot fi deduse pe baza funcţiilor de transfer prezentate în tabela a 4-a, pentru toate modelele şi mărimile geofizice deduse din potenţialele gravimetric şi magnetic.

Menţionăm că aceste operaţii de separare a cîmpurilor potenţiale pot fi efectuate şi asupra curbelor spectrale, rezultat al măsurătorilor de teren, cînd se multiplică ordonatele curbei spectrale cu valorile corespunzătoare ale funcţiilor de transfer.

c) Pentru corpuri perturbante de dimensiuni mari şi plasate la adîncimi mari, profilul spectrului frecvenţelor este bogat în frecvenţe joase (< 5 cicl./km). Din contră, pentru corpurile perturbante de dimensiuni mici şi plasate la adîncimi mici, profilul spectrului frecvenţelor este bogat în frecvenţe înalte (>10 cicl./Km).

Pentru interpretarea unui profil spectral, rezultat al măsurătorilor de teren, trebuie eliminate efectele menţionate mai sus şi care maschează spectrul generat de corpul perturbant care interesează interpretarea.

În acest sens s-au elaborat numeroase tehnici de filtrare a măsurătorilor de cîmpuri potenţiale în vederea separării şi eliminării efectelor nedorite sau a zgomotelor.

Vom prezenta tehnica filtrării frecvenţelor cu ajutorul filtrelor reale respectiv scurtate.

1, FILTRE DE FRECVENŢĂ REALE (ŞCURTATE)

În figura 14 este reprezentată schematic suprapunerea efectelor generate de un corp perturbant tradus printr-o anomalie a cîmpului potenţial $g(x)$, avînd extinderea $2X_a$ şi de un efect bogat în frecvenţele înalte şi generat de unul sau mai multe corpuri perturbante de dimensiuni mici şi plasate în apropierea suprafeţei.

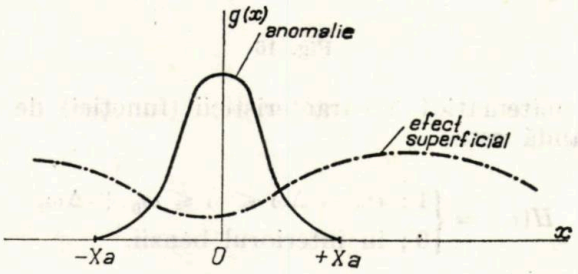


Fig. 14

Este evident că o astfel de înregistrare, care reprezintă sumarea celor două efecte, trebuie filtrată.

Vom prezenta teoria filtrelor reale, respectiv scurtate, şi anume: filtru trece jos, respectiv trece sus şi trece banda.

a) *Filtru trece banda.*

În diagrama din figura 15 este reprezentată schematic suprapunerea efectelor generate de un corp perturbant şi de un efect regional generat de un corp perturbant de dimensiuni mari şi plasat la adîncime mare.

În diagrama din figura 16 este reprezentat filtrul ales trece bandă, precum și spectrele de frecvență corespunzătoare celor două efecte reprezentate în figura 15.

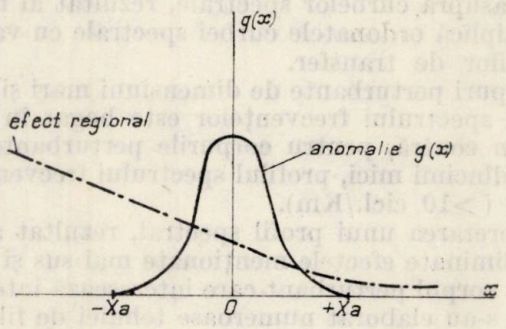


Fig. 15.

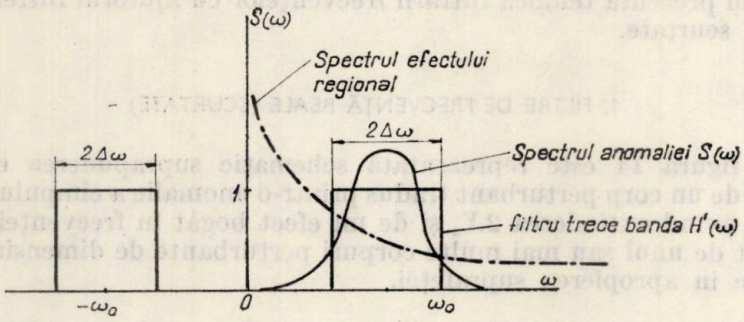


Fig. 16

Expresia matematică a caracteristicii (funcției) de transfer a filtrului trece bandă este

$$H(\omega) = \begin{cases} 1\,; & \omega_0 - \Delta\omega \leqslant \omega \leqslant \omega_0 + \Delta\omega, \\ 0\,; & \text{în interiorul benzii.} \end{cases}$$

Expresia matematică a funcției pondere corespunzătoare caracteristicii de transfer $H(\omega)$, calculată pe baza transformatei Fourier :

$$W(x) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} H(\omega) \cdot e^{j\omega x} \cdot dx,$$

este

$$W(x) = \frac{2}{\pi}\Delta\omega \cdot \frac{\sin(x\Delta\omega)}{(x\Delta\omega)} \cdot \cos(\omega_0 x).$$

În continuare, pe baza integralei de convoluţie se poate calcula anomalia filtrată :

$$g_f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} W(\tau) \cdot g(x - \tau) \cdot \mathrm{d}\tau.$$

şi apoi pe baza transformatei Fourier spectrul de frecvenţă, respectiv spectrul de putere corespunzător.

Limitarea filtrului, prin introducerea ferestrei lui I. V. Hann sau a funcţiei hanniene a cărui exprimare matematică este

$$h(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}\left(1 + \cos\frac{\pi x}{L}\right); & |x| < L, \\ 0 \qquad\qquad\quad ; & |x| > L, \end{cases}$$

pentru integrala care materializează anomalia filtrată cu un filtru trece bandă scurtat, se face pe baza integralei

$$g_{f,s}(x) = \int_{-L}^{+L} W(\tau) \cdot h(\tau) \cdot g(x - \tau) \cdot \mathrm{d}\tau,$$

în care toate funcţiile de sub semnul integral au exprimările matematice prezentate mai sus.

Reprezentarea grafică a funcţiei hanniene este prezentată în diagrama din figura 17.

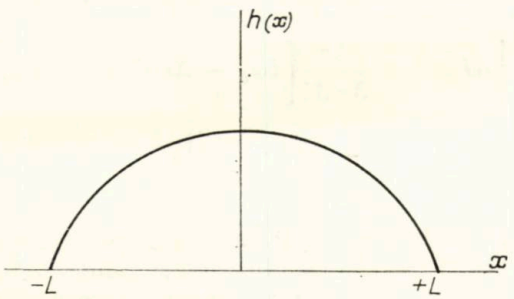


Fig. 17

În expresia funcţiei hanniene este satisfăcută inegalitatea :

$$|x| \leqslant L \leqslant X_a,$$

în care, conform cu diagramele din figurile 15 şi 17,

$2X_\alpha$ este extinderea anomaliei cîmpului potenţial şi

$2L$ este lăţimea dorită, respectiv aleasă, a ferestrei.

O variantă a funcţiei hanniene este funcţia lui R. V. Hamming a cărei exprimare matematică este

$$h'(x) = \begin{cases} 0{,}54 + 0{,}46 \cos \dfrac{\pi x}{L}, & |x| < L, \\ 0, & |x| > L. \end{cases}$$

Pentru compararea acestei anomalii reale şi filtrate cu un model echivalent, trebuie calculată caracteristică (funcţia) de transfer relativă la un filtru trece-bandă scurtat, adică

$$H_s(\omega) = \int_{-L}^{+L} W(x) \cdot h(x) \cdot e^{-j\omega x} \cdot dx.$$

Înlocuind corespunzător funcţiile pondere $W(x)$, şi hanniană $h(x)$, şi ţinînd seama că produsul lor $W(x) \cdot h(x)$, prin exprimările respective, este o funcţie pară, se obţine expresia caracteristicii (funcţiei) de transfer la un filtru trece-bandă scurtat sau real:

$$H_s(\omega) = \frac{2}{\pi}\left[\int_{-L}^{+L} \frac{1}{x} \sin(x\Delta\omega) \cdot \cos(\omega_0 x) \cdot \cos(\omega x) \cdot dx + \right.$$

$$\left. + \int_{-L}^{+L} \frac{1}{x} \sin(x\Delta\omega) \cdot \cos(\omega_0 x) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{L} x\right) \cdot \cos(\omega x) \cdot dx, \right.$$

şi după efectuarea tuturor calculelor, în care, pentru dezvoltările în serii convergente, s-a introdus o limitare la primii doi termeni, se obţine

$$H_s(\omega) = \frac{4}{\pi}\left\{3L\Delta\omega - \frac{L^3}{3 \cdot 3!}\left[(\omega_0 + \Delta\omega)^3 + 3\omega^2(\omega_0 + \Delta\omega) + \right.\right.$$

$$\left.\left. + 3\pi^2 \cdot \frac{\Delta\omega}{L^2}\right]\right\}.$$

Cu această funcţie de transfer trebuie multiplicată expresia spectrului de frecvenţă relativ la modelul ales, obţinînd în felul acesta diagrama spectrală filtrată cu un filtru trece bandă scurtat şi pe care o vom compara cu diagrama spectrală, rezultat al măsurătorilor de teren şi care la rîndul ei a fost filtrată cu ajutorul unui filtru trece-bandă scurtat.

În cazul utilizării spectrului de putere relativ la modelul echivalent ales, este valabilă relaţia

$$P_{m,f,s}(\omega) = |H_s(\omega)|^2 P_m(\omega),$$

în care $P_m(\omega)$ este spectrul relativ la model, $P_{m,f,s}(\omega)$ este acelaşi spectru filtrat cu un filtru trece-bandă şi scurtat, iar $H_s(\omega)$ este funcţia de transfer corespunzătoare filtrului trece bandă scurtat.

b) *Filtru trece jos.* Dacă presupunem că $\omega_0 = 0$, iar $\Delta\omega = \omega_1$, obţinem filtrul trece-jos reprezentat în diagrama din figura 18.

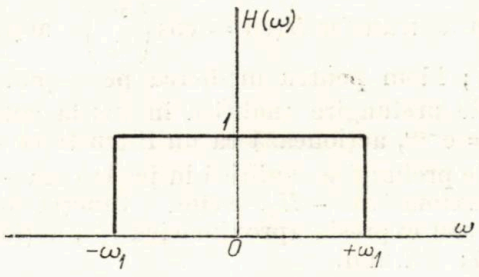


Fig. 18.

În acest caz expresia funcţiei pondere este

$$W'(x) = \frac{2}{\pi}\omega_1 \frac{\sin(\omega,\ x)}{(\omega,\ x)},$$

iar aceia a caracteristicii (funcţiei) de transfer :

$$H'_s(\omega) = \frac{4}{\pi}\left[3\omega_1 L - \frac{L^3}{3\cdot 3!}\left(\omega_1^3 + 3\omega^2 \cdot \omega_1 + 3\frac{\pi^2}{L^2}\omega_1\right)\right]$$

Făcînd să varieze frecvenţa centrală ω_0 şi lăţimea benzii $\Delta\omega$, pentru filtre trece bandă, sau frecvenţa de margine ω_1, pentru filtre trece jos, se pot proiecta filtre care să extragă corespunzător anomalia dintr-o cantitate de zgomot sau dintr-un efect regional puternic, în contextul cărora anomalia poate fi de nerecunoscut. Compararea acestui extras cu spectrul unui model echivalent tratat similar, poate duce la soluţionare, într-o largă măsură, a problemei de interpretare a anomaliei unui cîmp potenţial perturbat de diferite cauze.

Funcţia de autocorelaţie relativă la spectrul filtrat scurt al unui model se calculează pe baza relaţiei

$$C_{m,f,s}(\tau) = \frac{1}{\pi}\int_0^{+\infty} P_{m,f,s}(\omega) \cdot \cos(\omega\tau) \cdot d\omega.$$

Concluzii privind operaţiile de filtrare şi separare a cîmpurilor potenţiale.

După cum s-a menţionat, în tabela a 4-a sînt prezentate funcţiile pondere şi funcţiile de transfer corespunzătoare pentru principalele operaţii efectuate în geofizică, pentru separarea cîmpurilor potenţiale.

Aceste operaţii acţionează după cum s-a văzut ca nişte filtre de frecvenţe şi anume :

— operaţia de calculare a derivatei a doua după verticală, avînd funcţia de transfer $H(\omega) = \omega^2$, acţionează ca un filtru trece-jos (taie-sus);

— operaţia de mediere pe două puncte, egal depărtate de origine $(\delta/2)$, avînd funcţia de transfer $H(\omega) = \cos\left(\frac{\delta\omega}{2}\right)$, acţionează ca un filtru trece-sus (taie-jos); idem pentru medierea pe n puncte;

— operaţia de prelungire analitică în sus la cota z, avînd funcţia de transfer $H(\omega) = e^{-z\omega}$, acţionează ca un filtru trece-sus (taie-jos);

— operaţia de prelungire analitică în jos la cota $-z$, sursa aflîndu-se la adîncimea aproximativă $-H_0$, avînd funcţia de transfer $H(\omega) = (e^{z\omega}-1) \cdot e^{-H_0\omega}$ sau expresia aproximativă $e^{z\omega}$, acţionează ca un filtru trece-sus (taie-jos); ş.a.m.d.

Pe baza teoremei convoluţiei spectrul de frecvenţă filtrat, corespunzător unui anumit model, va rezulta din simpla înmulţire a uneia din funcţiile de transfer menţionate, cu spectrul de frecvenţă relativ la modelul considerat.

În cazul că se caută un spectru filtrat prin sistemul trece bandă, funcţia de transfer va fi constituită din produsul funcţiilor de transfer corespunzătoare operaţiilor de filtrare, trece-sus (taie-jos) şi trece-jos (taie-sus), amintite mai sus.

Primit la redacţie la 29 aprilie 1975

UNE SYNTHÈSE DES MODÈLES ET DES DIAGRAMMES SPECTRALES UTILE À L'INTERPRÉTATION, SUR LA BASE DE L'ANALYSE FOURIER, DES EXPLORATIONS GRAVIMÉTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

(RÉSUMÉ)

L'analyse Fourier a de nombreuses applications pour l'interprétation des prospections gravimétriques, magnétiques et aéromagnétiques, ainsi que pour la prospection sismique.

Pour le premier groupe d'applications, une des techniques est de comparer l'anomalie réelle avec une ou plusieurs anomalies théoriques engendrées par des modèles dits équivalents.

Cette technique peut être appliquée à des profils si on fait une interprétation unidimensionnelle (première partie de cet ouvrage) ou bien à des cartes quand on fait une interprétation bidimensionnelle (deuxième partie de cet ouvrage).

On présente dans cette étude une synthèse des propriétés et des techniques d'interprétation, ayant comme base l'analyse Fourier et les modèles équivalents.

DEZVOLTĂRI RECENTE ÎN GEOFIZICA DE SONDĂ*

DE

ALEXANDRU BABSKOW și AURELIAN NEGUȚ

Întreprinderea de carotaj și perforare, Ploiești; Universitatea București

Geofizica de sondă — auxiliar prețios al cercetării geofizice — are ca scop final localizarea și evaluarea cantitativă a zăcămintelor de petrol și gaze și de alte substanțe minerale utile.

Elementele principale pentru determinarea proprietăților colectoare a zăcămintelor de hidrocarburi, respectiv caracteristicile petrofizice exprimate în valori de porozitate, saturație în hidrocarburi și permeabilitate, cît și cele necesare evaluării zăcămintelor de minerale utile, pot fi obținute prin intermediul unei serii de proprietăți fizice ale rocilor traversate de găurile de sondă, care sînt măsurabile direct : potențialul spontan, rezistivitatea, densitatea, viteza de propagare a undelor elastice, nivelul radiației gama naturale, fenomenele de interacțiune cu un flux de neutroni sau de raze gama etc. Existența unor relații de interdependență între caracteristicile fizice măsurabile direct și parametrii petrofizici, care caracterizează atît calitativ cît și cantitativ zăcămîntul de hidrocarburi sau de substanțe minerale, constituie baza metodelor moderne de investigație a sondelor. De foarte mare importanță în utilizarea acestor metode este necesitatea eliminării influenței mediului apropiat — constituit de gaura de sondă, cu fluidul de foraj și zona din jurul acesteia, afectată de fenomenul de invazie a fluidului de foraj — asupra răspunsului dispozitivelor de investigație.

Nivelul actual de dezvoltare tehnologică a metodelor și aparaturii de investigație geofizică a sondelor asigură rezolvarea majorității problemelor ridicate de măsurarea și prelucrarea parametrilor necesari evaluării zăcămintelor [1], [2].

1. METODE ELECTRICE

Pentru determinarea rezistivității rocilor, în vederea eliminării influenței găurii de sondă și a stratelor adiacente sînt utilizate *dispozitivele focalizate* [3] sau *ecranate* [4] — de tip „laterolog" — superioare dispozitivelor electrice convenționale la valori mari ale raportului rezistivitate reală/rezistivitatea noroiului (în cazul noroaielor mineralizate sau a formațiilor foarte rezistive) și la contraste mari de rezistivitate între stratele adiacente, avînd o rezoluție verticală mult mai bună la strate subțiri. Dispozitivele focalizate pot avea diferite adîncimi de investigație, deose-

* Prezentat la al VIII-lea Simpozion de prospecțiuni geofizice și fizica scoarței Globului în R. S. România, București, 4—6 iulie.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM 13, P. 133–152, BUCUREȘTI, 1975

bindu-se : dispozitive cu investigaţie adîncă (LLad) formate din 9 electrozi, din care 7 sînt punctiformi şi 2 cilindrici alungiţi, fascicolul de curent focalizat, avînd o penetraţie foarte mare, dispozitive cu investigaţie medie — laterolog—7 (LL7) „optimal" cu 7 electrozi punctiformi şi laterolog—3 (LL3), cu 3 electrozi cilindrici alungiţi şi dispozitive cu investigaţie superficială (LLs) cu electrozi de întoarcere ai curentului apropiaţi, care permit obţinerea unui fascicol divergent — laterolog—8 (LL8) sau dispozitivul cu focalizare sferică (DFS), avînd o distribuţie radială a liniilor de curent, respectiv o distribuţie sferică a suprafeţelor echipotenţiale, în condiţiile unei variaţii mari a parametrilor găurii de sondă şi a existenţei unor contraste importante de rezistivitate [5]. Mai poate fi semnalată realizarea unui dispozitiv de carotaj divergent, la care în scopul eliminării efectului găurii de sondă, se menţine în punctul de măsură al potenţialului cîmpului electric valoarea extremă a potenţialului şi o valoare constantă a derivatei a 2-a a acestuia [6].

Baza interpretării datelor obţinute în investigaţia cu dispozitivele focalizate o constituie „teoria factorului pseudo-geometric" [1], care defineşte contribuţia fiecărei zone cilindrice a mediului din jurul dispozitivului, fiecare tip de dispozitiv avînd o anumită caracteristică de investigaţie radială [7]—[11].

Se remarcă tendinţa utilizării unui dispozitiv combinat de tip „dual laterolog" (DLL) [1], [12] la care, prin conectarea succesivă în circuitele de alimentare şi de măsură a sistemului de electrozi de bază cu electrozii de închidere a curentului situaţi la distanţe diferite, se obţin de fapt două dispozitive cu adîncime de investigaţie diferită — LLad şi LLs. Prelucrarea datelor înregistrate simultan permit obţinerea valorilor de rezistivitate reală (ρ_R) cu corecţia rezistivităţii zonei spălate (ρ_{i_0}). Este de asemenea evidentă preocuparea pentru obţinerea parametrilor geoelectrici ai stratelor de grosimi diferite cu ajutorul a mai multe dispozitive focalizate [13].

Folosirea în practica cercetării geofizice a sondelor a metodei dispozitivului focalizat dual (DLL) a dus la observaţia că în depozitele de sub un strat gros rezistiv apare o deformare a valorilor de rezistivitate, atît în cazul dispozitivului LL7 — prin micşorarea indicaţiilor (efect „Delaware"), cît şi în cazul dispozitivului LLad din combinaţia DLL — prin creşterea lor (efect „Antidelaware") [14]. Această deformare poate fi înlăturată prin plasarea corespunzătoare a electrodului de întoarcere pentru curentul de măsură (B_0) — eventual la suprafaţă.

Carotajul de inducţie, destinat iniţial pentru investigaţia sondelor săpate cu fluide neconductive, a devenit un dispozitiv ideal în scopul determinării rezistivităţii rocilor în formaţiuni moi sau medii ($\rho_R < 50-100$ ohmi · m). Principiul metodei carotajului de inducţie a fost explicat iniţial pe baza teoriei factorului geometric [15], [7], utilizînd principiul inducţiei electromagnetice, valabil pentru frecvenţe relativ mici, pe baza căruia ar exista o proporţionalitate între tensiunea introdusă şi conductivitatea mediului. Mai exactă este teoria carotajului inductiv bazată pe propagarea undelor electromagnetice, care poate explica influenţa datorită fenomenului de „efect pelicular" — ceea ce modifică proporţionalitatea semnal indus — conductivitate [16]—[20]. Aparatura modernă utilizată reali-

zează corecția de efect pelicular prin introducerea unei corecții în sens invers acțiunii acestuia.

Dispozitivele de inducție sînt dispozitive cu focalizare verticală și orizontală (radială), asigurînd eliminarea efectului mediului stratelor adiacente și a mediului apropiat. Cel mai utilizat este dispozitivul de tip 6FF40, cu investigare adîncă, avînd 2 bobine principale — emițătoare și receptoare — și patru bobine de compensare și focalizare, care asigură compensarea cuplajului direct și îmbunătățirea caracteristicilor de investigație verticală și radială. Se mai utilizează dispozitive cu investigație medie, precum și, cu rezultate superioare, un dispozitiv combinat — Dual Inducție Laterolog [1] compus dintr-un dispozitiv de inducție cu investigație adîncă, avînd o rezoluție verticală mai slabă, un dispozitiv cu investigație medie, avînd o rezoluție verticală mai bună și un dispozitiv focalizat de investigație mică. Răspunsul pe verticală este uniformizat din p.d.v. al rezoluției cu ajutorul unui minicalculator prin operația de filtrare de convoluție inversă [21]—[22]. Acest dispozitiv, prin înregistrarea simultană a trei curbe de rezistivitate cu trei adîncimi de investigație diferită, prezintă posibilitatea determinării ρ_R și ρ_{i_0} într-un domeniu foarte larg de valori a diametrului de invazie (inclusiv în prezența zonei „inelare"). De asemenea prin prezentarea curbelor suprapuse în scară logaritmică este posibilă punerea în evidență a efectului de invazie și evaluarea calitativă rapidă a conținutului colectorului.

Se mai poate aminti despre un dispozitiv combinat : inducție 6FF40, DFS, PS corectat electronic (în vederea determinării ρ_{ai}), acustic compensat și opțional, gama, care permite obținerea, în anumite condiții favorabile (invazie puțin adîncă) a tuturor parametrilor necesari evaluării colectorului, într-un singur marș [5].

Pentru compensarea semnalului de inducție mutuală directă de cuplaj între bobina emițătoare și cea receptoare — cîmpul direct al dispozitivului — este propusă utilizarea unui element reactiv (capacitiv sau inductiv), comun pentru circuitele emițătorului și receptorului [40]. Pe elementul reactiv, stabil la variațiile de temperatură, apare o tensiune produsă de curentul din circuitul generatorului, care asigură compensarea cîmpului direct în bobina receptoare.

Curba de P.S. este deosebit de importantă în evaluarea formațiunilor — în particular pentru determinarea rezistivității apelor de zăcămînt, ρ_{ai}. În acest sens s-a realizat un dispozitiv și aparatura de suprafață pentru înregistrarea acestei curbe fără perturbații, cu ajutorul unei corecții electronice [23]. De asemenea, în cazul înregistrării unor curbe de PS în prezența perturbațiilor acestea pot fi obținute sub forma combinată a unei componente de joasă frecvență — PS și a uneia de înaltă frecvență — gradient de PS, respectiv derivata potențialului de-a lungul axei găurii de sondă. În vederea eliminării acestei componente este posibilă transformarea ei în derivata în raport cu timpul, cu ajutorul unei scheme în impulsuri a căror frecvență corespunde vitezei de deplasare a dispozitivului de măsură [24].

Progrese importante se menționează în elaborarea teoriei *carotajului de inducție ca metodă a proceselor tranzitorii* [25] și în fundamentarea *metodei inductive de studiu a rezistivității transversale* în sonde prin folosirea cîmpului unui dipol magnetic orizontal și evaluarea răspunsului acestuia

în medii izotrope şi anizotrope cu una şi două suprafeţe cilindrice de separare, precum şi în strate izotrope de grosime finită [26].

Metoda de inducţie, sub forma *carotajului electromagnetic* este fundamentată şi aplicată şi în investigarea sondelor săpate pentru minereuri, prin înregistrarea simultană a conductivităţii şi a susceptibilităţii magnetice [27], cu ajutorul unui dispozitiv cu două bobine care poate lucra pe 2 frecvenţe — 1 000 şi 10 000 Hz, şi care măsoară componentele activă şi reactivă a f.e.m. induse. Cele mai bune rezultate se obţin în zăcămintele de sulfuri de cupru, sulfuri cupro-nichelifere şi pe zăcămintele de minereuri de fier. Pentru eliminarea efectului, care introduce o diferenţă de fază în bobina receptoare se poate utiliza un dispozitiv combinat compus din două bobine generatoare şi două — receptoare, curba înregistrată luînd o alură simetrică [28]. Se măsoară şi permitivitatea dielectrică a mediului — *carotajul dielectric electromagnetic* [96].

În scopul *detectării unor corpuri geologice „anomale"* care nu sînt traversate de gaura de sondă sînt propuse metodici de combinare a dispozitivelor de carotaj electric obişnuite cu rază mică de investigaţie, cu dispozitive electrice ultra-lungi [29]—[30]. Variaţiile de rezistivitate introduse de prezenţa unor corpuri geologice depărtate sînt puse în evidenţă pe curbele înregistrate cu dispozitivele ultra-lungi, distanţa dintre gaura de sondă şi corpul geologic detectat putînd fi calculată. La interpretarea rezultatelor investigaţiei cu aceste dispozitive se ţine seama de neuniformitatea profilului condiţionată atît de macroanizotropia globală, cît şi de microanizotropia caracteristică fiecărui strat traversat de gaura de sondă [31]. În scopul determinării conductivităţii transversale, necesară determinării coeficientului de anizotropie al rocilor este utilizat carotajul de inducţie. Mai este propusă aşa-numita metodă a *carotajului de rezistivitate vertical* [32], din datele căruia, în asociaţie cu metodele tradiţionale de carotaj electric, este posibilă determinarea coeficientului de anizotropie, utilizat şi în rezolvarea altor probleme de geofizică de sondă şi prospecţiune electrică cum ar fi de exemplu folosirea parametrilor anizotropiei drept criteriu de identificare a colectoarelor petrolifere sau gazeifere în formaţiuni constituite din succesiuni nisipoase-argiloase [33].

Este de semnalat tendinţa de utilizare a dispozitivelor *electrice combinate, sondă-suprafaţă* — cu rază mare de acţiune, în scopul explorării obiectivelor aflate la distanţă mare de gaură de sondă (în plan orizontal) sau a obiectivelor încă neintersectate de aceasta (în plan vertical). Astfel, a fost propusă metoda denumită „Telelog" [30], [34], [35] care constă din înregistrarea în gaura de sondă a undelor electromagnetice emise de o sursă de suprafaţă. Amplitudinea semnalelor recepţionate este proporţională cu rezistivitatea aparentă a mediului care separă emiţătorul de receptor, astfel încît prezenţa unui strat rezistiv (în speţă colector cu hidrocarburi) dispus la o oarecare distanţă de gaura de sondă, apare sub forma unei anomalii pe curba înregistrată. De asemenea este propusă şi metoda inversă, constînd din deplasarea unui radiator de cîmp electromagnetic alternativ în lungul găurii de sondă şi înregistrarea la suprafaţă a uneia din componentele cîmpului [36]. Pentru determinarea răspunsului dispozitivului, în cazul unei stratificaţii plan — paralele se utilizează o serie de recurenţă care leagă raportul conductivităţilor a două strate adiacente de valorile a trei măsurători succesive a componentei radiale a cîmpului

electric efectuate la suprafață. Tot prin intermediul unui dispozitiv combinat — cu un electrod de curent punctiform coborît în gaura de sondă și cu al doilea electrod de curent și cu electrozii de măsură la suprafață — se pot determina anumite strate conductive aflate sub talpa găurii de sondă (deci neintersectate de aceasta) în cazul unor stratificații plan — paralele [37], sau a unor corpuri sferice conductoare [38].

În scopul detectării și separării discontinuităților produse de fracturi sau discordanțe într-o zonă cu proprietăți omogene se propune o metodă și aparatură bazată pe determinarea derivatei după axa găurii de sondă, a unui anumit parametru fizic cunoscut, utilizînd ca dispozitiv de investigație un dispozitiv electric cu doi electrozi punctiformi, un dispozitiv de inducție cu două bobine sau un dispozitiv ultraacustic [39].

De mare importanță pentru determinarea intervalelor poros — permeabile, susceptibile de a constitui colectoare de hidrocarburi și pentru măsurarea rezistivității zonei spălate — pentru corecția rezistivității reale — sînt *microdispozitivele electrice*, cu electrozi aplicați pe peretele găurii de sondă cu ajutorul unei patine și anume : microdispozitivul convențional, cel focalizat (microlaterolog), dispozitivul de apropiere („proximity-log") și microdispozitivul cu focalizare sferică [1] — superior în ceea ce privește determinarea parametrului ρ_{i_0}. Răspunsul microdispozitivelor este mai mult sau mai puțin afectat de turta de colmataj, mai ales atunci cînd apare o anizotropie a acesteia, fiecare dispozitiv sau combinație de dispozitive fiind utilizate în anumite condiții specifice.

2. METODE ACUSTICE

Pentru *determinarea porozității* rocilor colectoare și a *litologiei* se utilizează pe scară largă trei metode specifice : carotajul acustic, carotajul neutronic și carotajul de densimetrie gama — gama.

Carotajul acustic se bazează pe determinarea timpului de parcurs de interval al undelor ultraacustice (reciproca vitezei de propagare a undei compresionale) și pe existența dependenței dintre acesta și caracteristicile litologice și petrofizice ale rocilor. La litologie cunoscută se poate determina porozitatea, pe baza unei relații lineare de dependență, eventual cu o corecție de compactare [41]—[43]. Ca tipuri de dispozitive se amintesc : dispozitivul „dual" — cu un emițător și 2 receptoare, E2R — asigurînd eliminarea efectului parcursului prin noroi și dispozitivul compensat BHC — cu 2 emițătoare și 4 receptoare, 2E4R — constituind de fapt un dispozitiv combinat din două dispozitive duale în scopul compensării efectului găurii de sondă (variației diametrului) [1]. Dispozitivul compensat BHC poate fi de asemenea simulat cu ajutorul unui dispozitiv dual și cu un circuit de întîrziere — memorare și mediere (un mini-calculator numeric specializat). Raza de investigație fiind mică pentru unda compresională — de ordinul 3 λ (λ — lungimea de undă), respectiv cuprinsă între 0,2 și 2 m, efectul principal al fluidului din rocă este dat de zona de invazie. O rază mai mare de investigație se obține pentru unda transversală, care poate pune în evidență efectul fracturilor, fisurilor, zonelor gazeifere etc. [44].

Timpul de parcurs de interval integrat poate fi utilizat în scopuri de corelaţii seismice. De asemenea este posibilă obţinerea de seismograme sintetice, prin prelucrarea corespunzătoare a informaţiei acustice [22], [45]. Se mai subliniază posibilitatea studierii formei semnalului acustic global prin metoda imaginilor (în amplitudine sau cu intensitate luminoasă variabilă) [46]. Ca alte aplicaţii se pot aminti : determinarea litologiei — în combinaţie cu alte metode de porozitate, corelare litologică, carotaj de cimentare etc. [47]—[49]. De asemenea se subliniază determinarea zonelor de presiuni anormale în formaţiunile marnoase, care duc la o anomalie pozitivă faţă de dependenţa normală timp de parcurs — adîncime [50].

Din perfecţionările aduse aparaturii de carotaj acustic, se semnalează realizarea unei aparaturi pentru carotaj neutronic şi acustic cu dispozitivele de investigaţie montate pe patine, comandate hidraulic, aplicate pe peretele găurii de sondă — de tip „sidewall" [51]. Cele două dispozitive sînt montate pe patine opuse. Dispozitivul de carotaj neutronic este echipat cu traductori de neutroni epitermici, iar cel de carotaj acustic este de tip dual — E2R. Emiţătorul şi receptorii — dispuşi sub un anumit unghi faţă de peretele găurii de sondă — asigură obţinerea la receptori a unui front de undă foarte net. Construcţia dispozitivului acustic asigură micşorarea efectului găurii de sondă asupra imaginii semnalului acustic, permiţînd o definire şi o studiere mai bună a componentelor compresionale şi transversale. Înregistrarea simultană a curbelor de porozitate acustică şi neutronică permite determinarea operativă a zonelor cu gaze sau rezolvarea altor probleme (determinarea porozităţii primare şi secundare etc.).

O metodă şi aparatură pentru determinarea *impedanţei acustice* a rocilor, utilă în optimizarea forajului, efectuarea de corecţii seismice, evaluarea formaţiunilor etc. este propusă prin utilizarea unui dispozitiv cu un emiţător şi mai multe receptoare şi a unei scheme electronice care asigură calculul coeficientului de reflecţie al undelor radiale [52]. Evaluarea proprietăţilor mineralogice şi fizico-mecanice ale rocilor poate fi realizată prin studierea *formei înfăşurătoarei semnalului acustic* înregistrat la cele 2 receptoare ale unui dispozitiv dual [53]. Parametrii acustici ai rocilor (coeficientul de atenuare, coeficientul de fază etc.), depinzînd implicit de proprietăţile mineralogice şi fizico-mecanice, sînt determinate în funcţie de momentele înfăşurătoarei semnalului acustic, pe baza unor relaţii verificate statistic. În scopul evaluării anumitor parametrii ai formaţiunilor geologice este propusă o metodă şi un dispozitiv pentru determinarea *absorbţiei semnalelor acustice* [54], care poate fi exprimată sub forma unor ecuaţii polinomiale în funcţie de frecvenţă, coeficienţii căreia fiind condiţionaţi de diferiţi factori : dispersia geometrică, mişcarea fluidului din spaţiul poros, frecarea „uscată" a undei în scheletul mineral, frecarea „fluidă" etc. Dispozitivul de sondă, constînd din minim două emiţătoare şi două receptoare şi aparatura de suprafaţă asigură determinarea absorbţiei prin calcularea logaritmului raportului pătratului intensităţii semnalelor măsurate în două puncte distanţate, parametrii care caracterizează mediul fiind determinaţi prin rezolvarea sistemului de ecuaţii polinomiale condiţionate de aceştia. Tot în vederea determinării proprietăţilor de absorbţie a rocilor se propune analiza de corelaţie a semnalelor acustice prin intermediul *carotajului acustic în impuls* [55],

în care caz se calculează în mod automat funcțiile de autocorelație ale tuturor tipurilor de unde acustice recepționate, se determină valorile lor maxime — principale și colaterale și se măsoară valorile maximelor perechi ale funcțiilor de autocorelație în cazul recepției cu un singur receptor, respectiv rapoartele maximelor pentru un singur tip de unde elastice, în cazul recepției multi-receptoare și cu înregistrare succesivă de-a lungul găurii de sondă. De asemenea se propune un dispozitiv acustic, constituit de o serie de surse pasive dispuse pe o circumferință, simetric cu axa găurii de sondă și aplicate pe peretele acestuia și dintr-un traductor receptor dispus în centrul acestei circumferințe și care, prin însumarea semnalelor elastice în fază produse de surse, asigură determinarea intensității și compoziției spectrale a semnalului total în funcție de adîncime și calcularea raportului dintre spectrul semnalului global și spectrul semnalului care traversează drumul acustic direct sursă-receptor [56].

Alte perfecționări constau în realizarea unui dispozitiv de sondă compus din două emițătoare și un receptor și care utilizează o *emisie minimă de energie acustică* în gaura de sondă [57], pe seama dispunerii miezului din material magnetostrictiv în dreptul unei ferestre acustice și a montării elementelor electrice care aparțin de generator astfel încît să poată fi cuplate direct cu înfășurarea traductorului de emisie. De asemenea se propune un nou procedeu de măsurare a timpului de interval, bazat pe calculul diferenței fazelor spectrelor semnalelor la receptori apropiat și îndepărtat, asigurîndu-se o mai mare precizie în raport cu procedeele existente în condiții complexe — la nivel scăzut al semnalului și în prezența perturbațiilor acustice și electrice [58].

O dezvoltare importantă au luat-o în ultimul timp metodele acustice și aparatura pentru studierea caracteristicilor pereților găurii de sondă prin intermediul *imaginilor acustice*, obținute prin așa-numitul dispozitiv *„televizor acustic" de sondă*. Acesta constă dintr-un emițător-receptor acustic care se rotește în jurul axei cu deplasarea simultană a dispozitivului de-a lungul profilului sondei [59]. Unda reflectată de pereții găurii de sondă, recepționată și amplificată, modulează în intensitate spotul unui osciloscop, baleiat orizontal sincron cu rotația pe 360° a traductorului, imaginea osciloscopului fiind înregistrată pe film. Pentru îmbunătățirea contrastului se utilizează două radiatoare cu frecvențe diferite și un amplificator nelinear. O perfecționare a acestui dispozitiv constă în reglajul automat al strălucirii și contrastului imaginii, avînd posibilitatea determinării simultane a poziției aparatului în gaura de sondă, cît și a parametrilor acesteia (înclinare, diametru etc.) [60]. De asemenea se poate realiza introducerea unor corecții automate pentru variația secțiunii sondei, impedanței acustice a noroiului și vitezei de propagare în el a oscilațiilor acustice [61]. În fine, prin utilizarea unui procedeu de carotaj *acustic holografic* [62], [63], se poate obține pe ecranul unui osciloscop imaginea tri-dimensională a peretelui găurii de sondă. În sistemul propus, oscilațiile acustice de interferență, obținute în gaura de sondă, ca rezultat al compunerii undelor ultraacustice *coerente* de înaltă frecvență (500—2 500 kHz) — emise de o sursă — cu cele reflectate de pereții găurii de sondă, sînt transformate în semnal electric și transmise la suprafață, unde se obține o imagine vizuală tri-dimensională a suprafeței interioare a găurii de sondă, pe ecranul unui osciloscop. De asemenea este utilizată o aparatură pentru

studierea configuraţiei găurii de sondă, constînd dintr-un traductor rotitor de carotaj acustic cu acţiune dirijată, care radiază energia acustică către peretele găurii şi o primeşte pe cea reflectată, care se transformă într-un impuls electric analog, cu amplitudine în funcţie de drumul parcurs. Impulsurile acumulate formează o *cavernogramă acustică*, dînd forma şi configuraţia găurii de sondă în funcţie de adîncime [64].

Informaţii privind diametrul mediu al găurii de sondă şi excentricităţile ei, pot fi obţinute cu ajutorul unui dispozitiv de sondă monotraductor, semnalele emise de traductorul rotitor şi recepţionate tot de către acestea fiind sincronizate de semnale a căror amplitudine este proporţională cu timpul de emisie al traductorului [65]. Toate aceste sisteme permit studierea pereţilor găurii de sondă determinarea caracterului litologiei determinarea fisurilor, golurilor, cavernelor (sau microcavernelor) etc., precum şi controlul stării tehnice a coloanelor în sondele tubate.

Se mai pot aminti metodele de carotaj acustic utilizînd *undele refractate* [66] sau metoda *transparenţei acustice* între sonde, în care emiţătorul şi receptorul se găsesc în două sonde diferite, fiind deplasate sincron şi prin care pot fi puse în evidenţă anumite tipuri de minerale care se caracterizează printr-o permeabilitate acustică mai mică, datorită compactării relativ mici [67]. Efectul este acela de obţinere a unei „umbre acustice", parametrul conţinînd maximul de informaţie fiind amplitudinea presiunii acustice la frecvenţă fixă. Rezultate interesante sînt semnalate şi prin utilizarea măsurătorilor de transparenţă seismică între sonde, prin explodarea unor încărcături mici (200—300 g) într-una din sonde şi evaluarea efectului transmisiei undelor de tip P în cealaltă sondă [97].

3. METODE NUCLEARE

Aparatura de *densimetrie gama-gama* ca metodă de porozitate, bazîndu-se pe efectul de împrăştiere Compton [68], [69], este de asemenea compensată pentru efectul găurii de sondă [70], fiind constituită dintr-un dispozitiv de investigaţie montat pe patină, constituit dintr-o sursă gama colimată şi două detectoare la distanţe diferite de sursă, astfel că se elimină şi efectul turtei de colmataj, prin introducerea unei corecţii, controlată de dispozitivul cu două detectoare, prin intermediul unui circuit analogic [1]. Este prevăzută posibilitatea determinării porozităţii şi în sondele goale (fără fluid). Răspunsul dispozitivului de densimetrie gama-gama depinde în primul rînd de densitatea electronică a formaţiei, care este proporţională cu densitatea volumetrică prin raportul număr atomic/greutate atomică, constant la majoritatea elementelor constituente ale rocilor investigate. La o serie mică de elemente este necesară introducerea unei mici corecţii Z/A [69]. Determinarea porozităţii se bazează pe existenţa relaţiei de liniaritate densitate-porozitate şi ţine seama de faptul că zona apropiată este invadată cu filtrat de noroi (adîncimea de investigaţie este relativ mică). În cazul colectoarelor gazifere, apare un efect al saturaţiei reziduale în hidrocarburi care poate fi corectat, în combinaţie cu porozitatea din carotajul neutronic [71]. Tot în mod analog poate fi corectat efectul materialului argilos şi poate fi determinată

porozitatea utilă (efectivă) a colectoarelor cu conținut de material argilos. Dealtfel înregistrarea în scară logaritmică (suprapusă) a porozității din carotajele de densimetrie gama-gama și neutronic permite determinarea rapidă a zonelor colectoare cu gaze și a zonelor argiloase. De asemenea este posibilă determinarea de minerale utile, cum ar fi sulful, etc. Altă aplicație este determinarea zonelor cu presiuni anormale [72], [73].

Una din dezvoltările recente interesante privind aparatura de densimetrie gama-gama este folosirea *surselor comandate* — generator de radiații gama [74] — cu următoarele avantaje esențiale :

— mărimea lungimii dispozitivului pînă la 90—100 cm cu consecința imediată a unei mai bune diferențieri a curbelor gama-gama după densitate ;

— reducerea influenței zonei apropiate, prin folosirea odată cu generatorul de radiații gama, a doi detectori situați la distanțe diferite.

Pentru această nouă variantă — *carotajul gama-gama de densitate în regim de impulsuri*, în urma studiilor teoretice au fost date formulele de calcul a distribuției spațiale a radiațiilor gama în roci la diferite lungimi a dispozitivelor [75].

O atenție mare se acordă încă etalonării dispozitivelor gama-gama, mai ales în perspectiva utilizării acestora pe scară din ce în ce mai mare pentru investigarea sondelor de explorare a substanțelor minerale utile. O instalație de etalonare folosind blocuri de grafit și filtre înlocuibile de fier, staniu și plumb [76] permite modelarea rocilor de diferite compoziții, de la cele mai ușoare (cărbuni), pînă la mineralele grele.

Carotajul neutronic, prin răspunsul său la cantitatea de hidrogen din spațiul poros, reprezintă tot o metodă de porozitate [78], utilizîndu-se în mai multe variante: neutron-gama, neutron-neutron (termal) sau neutron-neutron (epitermal). Variantele neutron-neutron asigură o determinare mai precisă a porozității, obținîndu-se și o fluctuație statistică mai redusă decît varianta neutron-gama, mai ales prin utilizarea unor detectori de neutroni cu He^3 sub presiune, cu o sensibilitate foarte bună și a unor surse izotopice staționare de plutoniu-beriliu sau americiu-beriliu cu flux constant și randament ridicat. Pentru creșterea preciziei determinărilor se utilizează o aparatură cu *dispozitivul de investigație montat pe o patină* aplicată pe peretele găurii de sondă („sidewall-neutron porosity" — SNP [1], [79], care prezintă o serie de avantaje importante :

— minimalizarea efectului găurii de sondă ;

— minimalizarea efectului puternic de absorbție a neutronilor termici datorat clorului și borului din apa de formație și din matrice, prin utilizarea de detectori pentru neutroni epitermici ;

— corecția automată a efectului turtei de colmataj și înregistrarea direct în valori de porozitate (calibrate pentru calcare).

O dezvoltare mai recentă o constituie introducerea în practică a *carotajului neutronic dual compensat* — CNL [1], [80], cu un dispozitiv de investigație construit pentru a putea fi folosit în combinație cu alte dispozitive, realizat din două detectoare de neutroni termici, cu două distanțe, diferite față de sursa de neutroni avînd un randament de 4 ori mai mare decît sursele obișnuite, reducîndu-se astfel mult fluctuațiile statistice. Raportul indicațiilor obținute la cele două detectoare este pre-

lucrat la suprafaţă şi se obţine o înregistrare în scară lineară a indicelui de porozitate neutronică (pentru calcare). Utilizarea unei distanţe mai mari sursă—detector măreşte adîncimea de investigaţie, mai ales în comparaţie cu tipul SNP. Efectul parametrilor găurii de sondă este de asemenea considerabil redus prin considerarea raportului celor două indicaţii, care sînt afectate în mod similar de către aceşti parametri—variaţia diametrului găurii, excentricitatea aparatului în gaura de sondă, compoziţia fluidului de foraj din sondă şi a celui din strat [84], [167]. S-a constatat obţinerea unui răspuns diferit al metodei în complexe dolomitice, decît în cazul dispozitivelor cu detector pentru neutroni epitermici (de ex. SNP), datorită unui conţinut foarte mic de absorbanţi de neutroni termici în rocă, care se manifestă mai ales în răspunsul dispozitivului de lungime mică. Înregistrarea simultană a indicelui de porozitate neutronică, cu porozitatea din carotajul de densimetrie gama-gama poate pune în evidenţă rapid zonele cu gaze [71]. De asemenea evaluarea simultană a acestor înregistrări permite corecţia porozităţii cu saturaţie reziduală în hidrocarburi în zona spălată şi cu efectul materialului argilos [81]. La zonele cu gaze trebuie avut în vedere în interpretarea rezultatelor şi efectul de „excavaţie", produs de micşorarea caracteristicilor de împrăştiere a mediului pentru neutroni, dat de prezenţa gazelor cu un număr mult mai redus de atomi de H [82]. În combinaţie cu alte metode de porozitate, carotajul neutronic poate fi utilizat pentru determinarea litologiei, a porozităţii secundare date de fisuri, fracturi, goluri etc.

Carotajul neutronic în regim de impuls utilizează în locul sursei de neutroni staţionare, o sursă pulsată, constituită dintr-un generator de neutroni, permiţînd evidenţierea componentei dinamice a fenomenului de interacţiune, asigurînd obţinerea unor informaţii preţioase, în condiţii neabordabile prin intermediul metodelor clasice [85], [86]. Aplicaţiile industriale ale carotajului neutronic în impulsuri se referă mai ales la sondele tubate şi constau în: localizarea zonelor cu hidrocarburi, determinarea limitei apă—petrol sau a limitei fluid—gaze, urmărirea deplasării succesive a limitei apă—petrol în cursul procesului de extracţie, evaluarea cantitativă a saturaţiei în apă sau hidrocarburi şi evaluarea eficienţei recuperării prin măsurarea saturaţiei reziduale în hidrocarburi etc. Perfecţionările carotajului neutronic în regim de impuls au loc atît pe baza unor studii teoretice privind distribuţia neutronilor în medii cu proprietăţi neutronice diferite [87], cît şi prin îmbunătăţirea tehnicii de înregistrare, ca de exemplu folosirea unei aparaturi de sondă cu generator de neutroni, cu sisteme de măsurare cu trei ferestre de detecţie [88], sau înregistrarea simultană a diferitelor curbe de carotaj radioactiv (neutron-gama integrală, $I_{n\gamma}$, densitatea neutronilor termici I_{nn-t} şi a celor epitermici I_{nn-e}) împreună cu curba secţiunii macroscopice de captură, Σ, precum şi a curbelor raportelor I_{nn-t}/I_{nn-e} şi $I_{n\gamma}/I_{nn-t}$ [89]. O metodă de înregistrare pentru eliminarea efectului găurii de sondă, într-un domeniu larg de variaţie a parametrilor acesteia, precum şi ai formaţiei, precum şi pentru obţinerea unei sensibilităţi optime a canalului de măsură, este metoda *factorului de scală*, în care aparatura de carotaj neutronic în impulsuri de tip neutron-gama, execută măsurătoarea cu trei ferestre de detecţie, din care prima, de lăţime τ (τ = timpul de declin intrinsec sau timpul mediu de viaţă al neutronilor), distanţată la 2τ de impulsul de

neutroni rapizi, a doua adiacentă cu prima, de lățime 2τ, iar a treia tot de lățime 2τ, dispusă la o distanță 2τ de cea de-a doua. Raportul indicațiilor date de prima și a doua fereastră de detecție asigură determinarea valorii τ, respectiv Σ, în timp ce cea de-a treia este utilizată pentru corecția fondului cosmic [1], [86]. Lățimile și „întîrzierile" ferestrelor de detecție sînt reglate automat printr-un sistem de reacție (feed-back"). O extensie a metodei factorului de scală permite de asemenea reglajul de către sistemul de reacție și a lățimii pulsului de neutroni rapizi, cît și a distanței dintre pulsurile emise, respectiv a perioadei de emisie, permițînd obținerea de măsurători precise în formațiuni cu o gamă largă de variație a parametrilor neutronici.

Trebuie subliniată de asemenea *multiplicarea problemelor rezolvabile cu ajutorul carotajului neutronic în regim de impulsuri*, care din metodă utilizată pentru cercetarea sondelor vechi a devenit o metodă de bază și pentru cercetarea sondelor noi [90]. Aplicarea carotajului neutronic în impuls în sonda netubată sau imediat după tubarea ei, permite studierea variației caracterului saturației colectorului în timp. Sînt prezentate cazuri de separare a tonelor colectoare de gaze, în sonde netubate, cînd interpretarea curbelor de ρ_A este îngreunată de prezența apelor dulci în zăcămînt, de estimare a permeabilității stratelor după modul de pătrundere a filtratului de noroi, detectarea existenței zonelor fisurate cu ajutorul unor soluții cu bor, determinarea porozității la pătrunderi mari ale filtratului etc. Se semnalează de asemenea două procedee de evaluare a conținutului de petrol rezidual, valoare necesară la introducerea în exploatarea secundară a stratelor parțial epuizate [91]. Rezultate deosebite au fost obținute în determinarea și urmărirea evoluției în timp a limitelor apă — țiței, țiței — gaze sau gaze — apă, pe baza carotajului neutronic în impuls, atît în sonde tubate cît și netubate.

O dezvoltare mare se semnalează în utilizarea *spectrometriei gama*, în rezolvarea unor probleme de geofizică de sondă, mai ales datorită perfecționării în construcția aparatelor spectrometrice de sondă, folosind detectoare cu semiconductoare și sisteme de termostatare [92], [93], [95].

Folosirea spectrometriei gama — cu detectori de Ge(Li) în studierea compoziției elementelor rocilor, inclusiv în sonde tubate, a arătat posibilitatea determinării în strat a unei serii de elemente (H, Si, Ca, F) pe baza liniilor caracteristice ale radiațiilor gama de captură, precum și a altora (Ca, O, C) pe baza radiației gama de dispersie nucleară.

Au fost elaborate procedee și aparatură pentru spectrometria radiației gama dispersate [94]. În spectrul radiației gama dispersate se separă intervalele energetice de 24—33, 39—51 keV și 39—120 și 240—300 keV. Intensitatea radiației gama în fiecare din domeniile menționate și raportul indicațiilor de porțiunile corespunzătoare ale spectrului, cu ajutorul unui sistem de calcul rezoluție, sînt transformate în valorile Z_{ef} ale mediului.

În numeroase articole este tratată problema *spectrometriei neutronilor* încetiniți, în cercetările geofizice. Folosind o serie de filtre, se pot măsura fluxurile de neutroni încetiniți cu diferite domenii de energii. Metoda poate fi utilizată pentru determinarea concentrațiilor de bor și alte elemente cu secțiune mare de captură pentru neutroni încetiniți [88], [122], [123].

Se remarcă de asemenea dezvoltarea şi perfecţionarea *carotajului de activare*, îndeosebi a activării neutronice prin folosirea drept sursă de neutroni, pe lîngă sursele clasice, a generatorului de neutroni şi a surselor staţionare cu Californiu 252 [128], [129]. Trecerea la sursele de Cf^{252} este recomandată şi la utilizarea carotajului neutronic pentru determinarea porozităţii [171].

Apare semnificativă elaborarea unei aparaturi perfecţionate de *carotaj de fluorescenţă X* (carotaj roentgenometric) ca instrument deosebit de eficace pentru localizarea şi evaluarea cantitativă a unor anumite elemente conţinute de rocile traversate de foraje [99], [100]. Sînt semnalate evaluări cantitative pentru molibden şi wolfram, în minereu, cu o precizie comparabilă cu probarea geologică directă.

Este de menţionat că tehnicile de investigare geofizică a sondelor folosind carotajul de activare, spectrometria gama şi carotajul de fluorescenţă X vor permite analiza pe elemente a formaţiunilor traversate de sondă.

4. ALTE METODE

În domeniul folosirii *carotajului gravimetric* ca metodă directă de determinare a densităţii *insitu* a rocilor traversate de sondă, sînt semnalate realizări în reducerea timpului de măsurare şi atingerea unei precizii de 0,01 mgl pentru un gravimetru de sondă de tip „Esso", alături de evidenţierea avantajelor în raport cu metoda indirectă de determinare a densităţii şi principalelor aplicaţii [77]:

— posibilitatea înregistrării curbei de variaţie a densităţii rocilor din profil fără o calibrare prealabilă a aparatului;

— raportarea măsurătorii la un volum mult mai mare de rocă, ceea ce face ca măsurătorile să nu depindă practic de diametrul găurii de sondă, grosimea turtei de noroi, variaţia proprietăţilor fizice ale rocilor în zona din imediata vecinătate a sondei.

Principalele aplicaţii:

— determinarea porozităţii rocilor, mai ales în rocile compacte cu porozitate mică (calcare, dolomite, cuarţite);

— determinarea conţinutului de hidrocarburi în rocile cu apă dulce în strat;

— determinarea densităţii argilelor şi fluidelor din spatele coloanei în sondele tubate [83].

Carotajul magnetismului nuclear — care măsoară efectul de relaxare al spinului nuclear indus de un cîmp magnetic puternic, emis sub formă de pulsuri — reprezintă o metodă modernă, utilă în determinarea zonelor de hidrocarburi (petrol sau gaze) şi delimitarea acestora faţă de cele de apă, prin măsurarea indicelui de fluid „liber" cu conţinut de hidrogen, prezent în spaţiul poros al formaţiilor. Metoda este considerată ca fiind excelentă pentru conturarea şi delimitarea precisă a zonelor de petrol, gaze şi apă în anumite colectoare grezoase forate cu fluide fără aditivi de lignosulfat de crom, pentru estimarea cantitativă a fenomenului de inundare al colectoarelor în cursul procesului de extracţie şi pentru estimarea permeabilităţii. O utilitate deosebită şi-o dovedeşte metoda în colectoarele

cu conținut de petrol de densitate mică, în care este greu de determinat indicele de productibilitate prin alte metode.

Cercetările efectuate pe probe de rocă (gresii) au arătat că sensibilitatea metodei crește mult în cazul saturării acestora cu o soluție apoasă de LiCl, timpul măsurat al relaxării longitudinale corespunzînd mai bine permeabilității și suprafeței relative a volumului porilor rocilor, decît în cazul saturării cu apă [101]. Aceasta se explică prin prezența momentului cuadripolar al nucleului de Li^7 și absența protonilor H^1, precum și printr-o mai mică influență a incluziunilor paramagnetice. Studierea rocilor carbonatice prin metoda rezonanței magnetice nucleare, a arătat faptul că suprafața rocilor carbonatice are o influență de 7 ori mai mică asupra vitezei de relaxare a protonilor decît în cazul gresiilor, astfel încît pentru acest tip de roci indicele de fluid „liber este foarte apropiat de porozitatea totală [102]. Analizarea diagrafiei obținute în unele colectoare cu caracteristici neomogene a scos în evidență faptul că aceasta separă în condiții bune stratele din profil, neomogenitatea caracterizîndu-se mult mai clar d.p.d.v. al porozității efective și a structurii stratului colector. Caracterul curbelor carotajului magnetic nuclear, menținîndu-se relativ constant pe structuri, asigură posibilitatea utilizării lor în corelarea geologică. Capacitatea de rezoluție după porozitatea efectivă permite utilizarea curbelor de CMN pentru evaluarea grosimii efective a colectoarelor. De asemenea, legătura care există între porozitatea efectivă și permeabilitatea colectoarelor și caracterul neomogenității acestora, dă perspectiva aplicării metodei carotajului magnetic nuclear pentru prognozarea proceselor de inundare [103]. Pentru perfecționarea aparaturii se iau măsuri în vederea creșterii preciziei de evaluare a amplitudinii inițiale a semnalului de precesie liberă [104], realizarea unei aparaturi de sondă, din două bobine perpendiculare, folosind un cîmp de polarizare adițional care dă direcția de precesie a protonilor polarizați, utilizabilă în sondele înclinate, în care unghiul dintre direcția axei găurii și vectorul cîmpului magnetic terestru este mic și acțiunea de polarizare a acestuia este de asemenea mică [105], precum și execuția unei scheme de comutator „flotant" al traductorului de CMN, pe bază de tranzistori cu „efect de cîmp" (FET) [106].

Pandajmetria — metoda de determinare a înclinării și orientării stratelor — cu largi aplicații în studiile geologice de dezvoltare a zăcămintelor de hidrocarburi și minerale utile, cunoaște perfecționări importante atît d.p.d.v. al aparaturii, cît și a prelucrării și interpretării rezultatelor. Realizarea pandajmetrului de înaltă rezoluție, cu 4 brațe [107] asigură obținerea unei rezoluții pe verticală excepționale, prin introducerea unui nou tip de senzori microrezistivi, cu o rezoluție de 0,5 cm și un sistem telemetric de transmitere a informațiilor la suprafață, care permite creșterea vitezii de înregistrare. Înregistrarea se face pe bandă magnetică și prelucrarea rezultatelor se execută la calculator. Sistemul de măsură cu 3 brațe este înlocuit cu un ansamblu de 4 brațe, comandat hidraulic și controlat de la suprafață, asigurînd o presiune optimă a patinelor pe perete în orice condiții a găurii de sondă: sonde deviate, cu suprafață neregulată, cavernate, cu diferite grosimi ale turtei de colmataj. Este măsurat diametrul pe două direcții perpendiculare, iar diferența de viteză dintre aparat și cablu (la suprafață) este luată în considerare și corectată.

Sistemul telemetric prezintă avantajul verificării continue a propriei sale precizii şi a înregistrării acestei auto-verificări. De asemenea se asigură înregistrarea datelor necesare pentru reconstituirea unei curbe de rezistivitate, corelabilă cu alte asemenea curbe, în scopul poziţionării precise a intervalelor interpretate. Perfecţionările aduse aparaturii permit lărgirea gamei problemelor rezolvabile cu pandajmetrie şi anume : determinarea anizotropiei rocilor sedimentare, localizarea cu mai mare precizie a accidentelor tectonice, evidenţierea capcanelor stratigrafice, determinarea tipurilor de sedimentare etc. [108].

Mai trebuie remarcate o serie de noi metode, apărute ca urmare a dezvoltării geofizicii de sondă, pe baza realizărilor moderne ale ştiinţei şi tehnicii, cum ar fi : *metoda radar* de studiere a structurilor geologice a unor zăcăminte, cu ajutorul unei surse de unde electromagnetice ultrascurte, sau utilizarea unei *camere de televiziune* pentru studierea pereţilor găurii de sondă [30].

5. PETROFIZICA

Este cunoscută importanţa cunoaşterii proprietăţilor fizice ale rocilor pentru alegerea complexului raţional de metode geofizice de cercetare a sondelor şi pentru interpretarea corectă a rezultatelor obţinute.

Întrucît cercetările teoretice multilaterale ale proprietăţilor fizice ale rocilor în condiţii de zăcămînt constituie o problemă foarte complexă, în prezent se acordă o atenţie deosebită studierii experimentale a proprietăţilor fizice ale probelor de rocă în condiţii cît mai apropiate de cele din zăcămînt. La efectuarea cercetărilor experimentale este necesar a se ţine seama de următoarele aspecte [109] :

— elaborarea metodicii de calcul a influenţei reversibile a condiţiilor termodinamice ale stratului asupra parametrilor măsuraţi ai rocii ;

— realizarea unor măsurători complexe, adică a cîtorva parametri în cursul unei experienţe ;

— evaluarea la analiza rezultatelor obţinute a conţinutului în argilă şi a structurii spaţiului poros ;

— crearea în procesul de experimentare a condiţiilor care reproduc cît se poate mai fidel situaţia din natură ;

— modernizarea aparaturii folosite pentru studierea proprietăţilor fizice ale rocilor sub acţiunea presiunii şi temperaturii.

Un interes particular se acordă în literatură determinării constantelor neutronice ale rocilor sedimentare [110]. Astfel, se descrie metodica de determinare a timpului de viaţă şi coeficientul de dispersie a neutronilor în stratele saturate cu apă şi hidrocarburi, pentru porozităţi, conţinut în hidrocarburi şi mineralizaţii a apelor de strat diferite.

Cunoaşterea cît mai exactă a proprietăţilor fizice ale rocilor a permis dezvoltarea în ultimul timp a unor procedee practice de determinare a unor parametri fizico-mecanici ai rocilor plecînd de la datele carotajelor înregistrate direct în condiţii de sondă, cu o precizie comparabilă cu cea estimată în condiţii de laborator, între care se numără cele folosite la determinarea rezistenţei la compresiune după datele carotajului acustic, de densitate şi rezistivitate [111], [165], [166].

Au fost efectuate cercetări asupra variației indicelui structural sau factorului de cimentare (m) în formula de tip Archie care leagă factorul de formație de porozitate [112]. Caracterizînd domeniul de variație al lui m pe baza datelor teoretice și experimentale, se ajunge la concluzia că valoarea lui m poate să fie mai mică decît unitatea, iar legătura lui m cu gradul de cimentare al rocii mai are nevoie de verificare. Este cunoscut că în prezent se admit pentru m valori cuprinse între 1,3 și 2,8÷3,0.

Rezultatele menționate mai înainte, extinzînd domeniul de variație a lui m, atrag atenția încă o dată asupra necesității stabilirii dependenței factor de formație-porozitate, inclusiv a lui m, pentru fiecare caz în parte și consecințele pe care le poate avea utilizarea în interpretare a unor valori „medii" pentru indicele structural și mai departe în evaluarea porozității.

O foarte mare dezvoltare au cunoscut în ultimii ani studiile și cercetările privind îmbunătățirea *evaluării cantitative a colectoarelor cu conținut de material pelitic*. Astfel, pentru determinarea saturației în hidrocarburi a colectoarelor grezoase cu conținut de material argilos și aleuritic (silt), din datele de PS, au fost stabilite o serie de relații statistice între conținutul relativ și global de argilă, conținutul de apă ireductibilă și activitatea de difuzie-adsorbție a rocilor, obținîndu-se o dependență între amplitudinile relative ale anomaliei de PS și saturația în apă [113]. Este de asemenea efectuată studierea argilizării gresiilor aleuritice după curba gama, rezultatele comparării parametrului relativ ΔI_γ cu conținutul de argilă — masic, volumetric și relativ — al rocilor, permițînd separarea în profil a stratelor colectoare, evaluarea cantitativă a conținutului în argilă și studierea caracterului distribuției lor în limitele zăcămintelor [114]. O metodică perfecționată pentru evaluarea gresiilor și nisipurilor argiloase este propusă utilizînd complexul datelor despre rezistivitatea zonei spălate și a celei necontaminate a stratului și amplitudinii P.S., ceea ce permite aplicarea ei în condițiile neîndepărtării totale a apei de zăcămînt din zona spălată [115]. Studiile efectuate asupra colectoarelor nisipoase productive cu gaze, avînd un conținut mare de material pelitic — din panonianul superior [116], au arătat că prezența fracțiunii aleuritice — compusă, pe lîngă particule de cuarț și din particule de glauconit, biotit, muscovit etc. de dimensiuni de 5—100 μ — mărește radioactivitatea naturală a rocii, conținutul de apă remanentă („legată") și în consecință micșorează rezistivitatea, dar nu exercită nici o influență asupra activității de difuzie-adsorbție și, respectiv, asupra amplitudinii PS, în timp ce prezența fracțiunii argiloase — compusă în general din minerale argiloase, dar însoțite și de alte minerale neargiloase, cu dimensiuni mai mici de 5 μ — duce la creșterea radioactivității și a conținutului în apă remanentă și, respectiv la micșorarea rezistivității reale într-un grad mult mai mare decît aleuritele și totodată duce la creșterea substanțială a valorii activității de difuzie-absorbție, deci la micșorarea amplitudinilor PS. În evaluarea cantitativă a colectoarelor se folosesc o serie de relații care caracterizează nu numai conținutul în material argilos, dar și cel în material aleuritic (silt) și se asigură determinarea cantitativă a caracterului saturației, porozității efective și permeabilității. În obținerea unor relații analitice pentru calculul rezistivității reale a colectoarelor compuse din nisipuri sau gresii argiloase, cu conținut de apă sau hidrocarburi, sînt

utilizate două modele principale de distribuţie a materialului argilos [117] : unul în care particulele argiloase sînt distribuite uniform în spaţiile dintre granulele matricei rocii şi altul în care particulele argiloase acoperă suprafaţa granulelor matricei, formînd agregate izolate de porţiunile din spaţiul poros ocupate cu apă interstiţială (liberă). În condiţii apropiate, influenţa conţinutului în argilă asupra rezistivităţii este mult mai importantă în cazul primului model, decît în cazul celui de al doilea. În cazul saturaţiei colectorului cu apă sărată, creşterea conţinutului în argilă duce la creşterea rezistivităţii, în timp ce în cazul saturaţiei cu petrol sau apă dulce, se obţine o scădere a rezistivităţii cu creşterea acestuia. Evaluarea cantitativă a formaţiunilor argiloase implică un complex de metode geofizice de sondă, de porozitate şi rezistivitate : carotaj radioactiv-gama şi neutronic, carotaj de densimetrie gama-gama, carotaj acustic, metode focalizate cu diferite raze de investigaţie, determinîndu-se porozitatea efectivă sau utilă P_u, conţinutul în material argilos, V_{arg}, densitatea matricei şi a fluidului conţinut, saturaţia în apă. Relaţiile utilizate pentru determinarea saturaţiei în apă, S_a, sînt de forma [118]

$$\frac{1}{\rho_R} = \frac{V_{arg}\, S_a}{\rho_{arg}} + \frac{P_u^m\, S_a^n}{a\ \rho_{ai}}, \tag{1}$$

unde ρ_{arg} este rezistivitatea argilei, iar ρ_{ai} — rezistivitatea apei interstiţiale, sau, în cazul unui conţinut mare de material argilos — în jur de 40%, mai ales la un raport ρ_{arg}/ρ_{ai} mic, de forma [119].

$$\frac{1}{\sqrt{\rho_R}} = \left[\frac{V_{arg}^{\alpha}}{\sqrt{\rho_{arg}}} + \frac{P_u^{m/2}}{\sqrt{a\,\rho_{ni}}}\right] S_a^{n/2}, \tag{2}$$

unde $\alpha = 1 - V_{arg}/2$.

Pentru prelucrarea datelor se utilizează tehnica graficelor de dependenţă („cross-plot-uri"), precum şi metodele prelucrării numerice a datelor la calculator. O aplicaţie interesantă a metodelor geofizice de sondă în evaluarea colectoarelor argiloase, este utilizarea acestora în urmărirea stimulării cu explozii nucleare a unor zăcăminte de gaze de permeabilitate redusă şi evidenţierea eficienţei mari a exploziilor nucleare în intensificarea afluxului de gaze [120].

6. EXPLORĂRI PENTRU MINEREURI

În ceea ce priveşte aplicarea carotajului geofizic la investigarea sondelor de explorare a minereurilor sînt de remarcat, pe de o parte, marea dezvoltare a metodelor radiometrice, în special a metodelor neutronice şi pe de altă parte, mărirea numărului de substanţe minerale utile solide, pentru care s-au obţinut rezultate semnificative. Iată cîteva din aceste rezultate :

Detectarea şi evaluarea bauxitelor. Pentru bauxite metoda cea mai eficientă s-a dovedit a fi carotajul de activare cu neutroni, prin activarea $_{13}Al^{27}$. Combinînd carotajul de activare cu carotaj gama-gama de densitate şi gama-gama selectiv cu sursă de Tuliu-170 sau Se^{75} şi spectrometria

radiațiillor gama de activare, este posibilă evaluarea bauxitelor după conținutul de Al_2O_3, fier total [121], [122], [172] și titan. De asemenea, în literatură se descriu procedee de evaluare a conținutului de siliciu al bauxitelor, avînd la bază înregistrarea raportului intensității activării induse în domeniul de energii 1,78 și 0,84 MeV [123]. Este de menționat folosirea în procesul de activare ca sursă de neutroni a generatorilor de neutroni și a sursei izotopice Cf^{252} cu o serie de avantaje față de sursele izotopice folosite în prezent (Po-Be, Am-Be ș.a.). Întrucît s-a dovedit că pentru evaluarea bauxitelor cele mai eficiente metode sînt carotajul gama de activare pentru aluminiu și carotajul gama-gama de densitate, în scopul reducerii timpului de lucru este necesar a construi aparate de sondă speciale pentru investigarea simultană a acestor tipuri de carotaj.

Prezența *aluminiului* în formațiunile traversate, simultan cu prezenta *magneziului*, poate fi indicată prin carotajul de activare cu neutroni de mare energie-14 MeV de la un generator care lucrează în regim de impulsuri [88]. Se înregistrează radiația gama de de activare cu energia de 473 KeV. Secțiunea de reacție pentru aluminiu este de 33 milibarni iar pentru magneziu de 48 milibarni. Măsurătorile se fac în fereastra de timp care începe la 4 μs după emiterea impulsului de neutroni și continuă pînă la 16 μs, în intervalul de energii 450—500 keV. Simultan, cu aceeași aparatură se înregistrează timpul de viață a neutronilor în strat [170].

Se propune un procedeu de determinare cantitativă a elementului activat, în particular, aluminiu, la care măsura conținutului elementului este produsul mărimei radiației gama de activare și secțiunii macroscopice de captură pentru neutronii termici a mediului. Pentru activare cu neutroni termici se preferă sursa Cf^{252}. Secțiunea macroscopică de captură se determină în marș separat cu generator de neutroni [88].

Pentru explorarea zăcămintelor de mangan un complex de metode de carotaj geofizic constînd din : carotaj radioactiv (gama și gama-gama de densitate), carotaj de conductivitate și carotaj de susceptibilitate magnetică cu aparatură de mare sensibilitate [124] s-a dovedit a fi util în rezolvarea principalelor probleme ale explorării geologice :

— diferențierea rocilor după natura lor litologică, corelarea profilelor între sonde ;

— separarea zonelor mineralizate, separarea minereurilor carbonatice și de tip oxizi.

— *Detectarea și evaluarea zăcămintelor de fluorină*

La baza detectării fluorinei stă reacția de activare de tip [n, α] a fluorului cu trecere în izotopul radiactiv N^{16}, [F^{19} (n, α)N^{16}], cu înregistrarea spectrometrică a radiației gama emise [125]. Studii teoretice și experimentale au permis să se stabilească o legătură cantitativă între răspunsul carotajului și conținutului de fluorină în minereu [126].

— *Detectarea și evaluarea mineralizațiilor de mercur.* Pe lîngă folosirea carotajului neutron-gama spectral [127] și a carotajului neutron-neutronic cu neutroni termici, se evidențiază posibilitatea aplicării generatorilor de neutroni și înregistrarea densității neutronilor termici la diferiți timpi și a curbelor de distribuție în timp a neutronilor [128].

— Pentru *carotajul sondelor de explorare pentru uraniu*, se cunosc principiile unei metodici noi bazate pe utilizarea unei surse de neutroni pulsate şi înregistrarea în intervalul dintre impulsuri a distribuţiei în timp a neutronilor de diferite energii în rocă [129]. Din teoria aproximativă a analizei energetice în timp se trage concluzia că determinarea directă a conţinutului de uraniu în roci este posibil de efectuat prin măsurarea distribuţiei în timp, în domeniul epitermic al neutronilor multiplicaţi din fracţiunea U^{235}, cu ajutorul neutronilor emişi de generator.

— Prin folosirea sursei de Cf^{252}, înregistrarea spectrelor radiaţiei gama de activare şi de captură cu detector Ge (Li) termostatat, au putut fi studiate cu rezultate foarte bune minereurile de cupru şi nichel [92]. Este recunoscut că pentru minereurile de *cupru* este preferabil să se folosească radiaţia gama de activare, iar pentru *nichel*, radiaţia gama de captură, pragul de sensibilitate pentru ambele elemente, cu precauţii, fiind de 0,5%. Rezultate interesante sînt semnalate şi prin utilizarea carotajului electromagnetic [98].

— *Şisturi bituminoase.* În domeniul relativ nou al evaluării şi valorificării şisturilor bituminoase, carotajul geofizic, cu metode singulare sau metode combinate, îşi aduce un aport deosebit în separarea formaţiunilor traversate de sonde, identificarea şisturilor bituminoase, determinarea grosimii şi corelarea profilelor sondelor. Au fost obţinute rezultate foarte bune cu ajutorul carotajului de rezistivitate şi îndeosebi a carotajului gama-gama [130]. Pentru studierea detaliată a compoziţiei şi structurii pachetelor industriale de şisturi a fost probată varianta spectrală a metodei gama-gama cu dispozitive colimate cu lungimea de 5 cm şi sursă de Tu^{170}. S-a dovedit că metoda gama-gama chiar cu o înregistrare directă a radiaţiei gama dispersate fără să fie necesară calibrarea în unităţi de densitate, permite determinarea caracteristicilor calitative ale şisturilor combustibile (capacitate calorică, conţinutul în materie organică) [131].

— În domeniul cercetării *sondelor de explorare pentru cărbuni* dezvoltările cele mai recente pot fi sintetizate astfel:

— îmbunătăţirea rezoluţiei dispozitivelor de carotaj utilizate; prin introducerea în practică a microdispozitivelor focalizate, la înregistrări într-o scară convenabilă, pot fi separate în profil strate de cărbuni cu grosimi minime de 1 cm [132];

— elaborarea unei aparaturi complexe, cuprinzînd metode de carotaj electric, radioactiv, cavernometrie, pandajmetrie, aparate pentru controlul înclinării şi aparate de luat probe laterale, de diametru mic [133];

— găsirea, pe baze statistice, a unor dependenţe clare între diverse mărimi înregistrate în carotajul geofizic şi parametrii calitativi ai cărbunilor, dintre care, cei mai importanţi sînt conţinutul în cenuşă şi conţinutul în sulf. Calculele analitice au arătat că eroarea medie pătratică de determinarea cenuşei nu depăşeşte 3,5%, iar a conţinutului total de sulf, 0,8% [134].

7. ALTE PROBLEME

Aplicaţii ale carotajului geofizic în rezolvarea unor probleme de geologie inginerească şi hidrogeologie

După începuturi sporadice, dar cu rezultate bune, se conturează din ce în ce mai mult un domeniu distinct de aplicare a carotajului geofizic,

acela a rezolvării unor probleme multiple de geologie inginerească și hidrogeologie.

Prin adaptări corespunzătoare ale tehnicilor utilizate în industria de petrol și minereuri se poate vorbi în prezent de existența unor metode și mijloace tehnice de carotaj al sondelor hidrogeologice sau sondelor săpate pentru cercetarea terenurilor de fundație a noilor construcții industriale [135], [168].

Ni se par semnificative și cu caracter tendențial preocupările de alcătuire a unor *sisteme integrate de metode de cercetare a sondelor tubate* pentru evaluarea completă a formațiunilor. Între aceste metode, un loc important îl ocupă metodele radiometrice și acustice [30].

Creșterea adîncimilor sondelor săpate pentru hidrocarburi, aduce în prim plan problema preciziei de măsurare a adîncimilor în operațiile geofizice de sondă [136] în condițiile modificărilor substanțiale a lungimii cablurilor coborîte în sondă sub acțiunea temperaturii, presiunii, greutății proprii și frecărilor.

Se conturează tot mai mult preocupările de calcul a *eficienței economice* a cercetărilor geofizice de sondă, recomandîndu-se studii la scara zăcămintelor sau provinciilor petro-gazeifere [137].

În afară de dezvoltarea metodelor geofizice de investigare propriu-zisă, mai pot fi amintite o serie de perfecționări privind *metodele și aparaturile auxiliare de cercetare a sondelor și de deschiderea* stratelor [30]:

— realizarea unui *profilometru* — permițînd măsurarea diametrului găurii de sondă pe două direcții perpendiculare, simultan cu determinarea orientării sondei în spațiu;

— perfecționarea metodelor de *control al calității cimentării*, prin determinarea permeabilității și densității inelului de ciment din spatele coloanei, cu ajutorul metodei acustice;

— determinarea *zonelor de tensiune* în coloană, prin intermediul metodei magnetice;

— utilizarea *aparaturii complexe de carotaj de producție*, cu înregistrarea simultană a 5 parametri: intensitatea afluxului fluidului în sondă, presiunea, temperatura, densitatea fluidului și stabilirea mufelor coloanei;

— *utilizarea carotajului neutronic în impulsuri* prin țevi de extracție, cu studierea regimului dinamic al sondei în cursul procesului de extracție;

— estimarea *compactizării rocilor* printr-un complex de carotaj gama-gama și acustic și stabilirea condițiilor de aflux maxim în sondă;

— utilizarea metodei P.S. pentru *controlul inundării colectorului*, prin compararea curbelor de P.S. inițiale și a celei înregistrate după inundarea colectorului (ridicarea nivelului hidrocarburi-apă);

— realizarea unui *perforator combinat-cumulativ și cu glonț*, asigurînd obținerea unui orificiu în coloană foarte curat și a unei adîncimi de pătrundere mari — pentru sondele de exploatare și injecție;

— *complexizarea perforatoarelor cumulative*, cu cameră pentru extragerea de probe din fluidul care pătrunde în sondă prin perforaturile formate;

— realizarea unui *perforator cumulativ cu inele de etanșare*, permițînd obținerea unui randament sporit al perforării;

— folosirea de noi dispozitive pentru *retezarea coloanelor* cimentate (pînă la 4 coloane concentrice simultan);

— utilizarea unor *dispozitive electromagnetice pentru orientarea perforatoarelor* în coloană;

— realizarea de *testere pentru probe de fluid*, cu măsurarea rezistivităţii fluidului şi a presiunii de strat;

— *creşterea volumului* probei pînă la 10—15 l la testere cu cameră de vid;

— extragerea de carote laterale (de formă triunghiulară), cu ajutorul carotierei laterală tăietoare cu cuţit de diamant;

— caracterizarea *stării garniturii prăjinilor de foraj*, cu ajutorul unui dispozitiv telemetric;

— înregistrarea *conţinutului în* NO_3^+ în noroiul de foraj, în cursul procesului de săpare, pentru determinarea intervalelor de aflux a apei de zăcămînt în gaura de sondă ;

— înregistrarea continuă a *vibraţiilor garniturii* de foraj, în cursul forajului.

8. TRANSMISIA ŞI PRELUCRAREA AUTOMATĂ A INFORMAŢIEI GEOFIZICE DE SONDĂ

În ultimul timp există o preocupare tot mai susţinută pentru construirea, experimentarea şi utilizarea unor *aparate autonome*, în vederea efectuării carotajului electric şi a altor măsurători în cursul procesului de foraj [138], [139]. Dispozitivul de sondă, care se găseşte în prăjina de foraj deasupra sapei, asigură modulaţia fluxului de noroi de foraj cu pulsuri de presiune, care se propagă prin coloana de fluid la suprafaţă, unde, sînt decodificate şi înregistrate [140], [141].

O preocupare evidentă este dovedită pentru *perfecţionarea sistemelor de transmisie a datelor de sondă* prin cablul de carotaj, în scopul îmbunătăţirii raportului semnal/zgomot, cît şi a multiplicării numărului de parametri transmişi simultan. Astfel se propune un sistem de transmisie multicanal cu divizare în timp („time-sharing") a datelor de geofizică pe cablul monofilar, sub forma unui tren de pulsuri, împărţit într-o serie de intervale de timp, corespunzînd unor stări determinate a informaţiei de transmis [142]. Un alt sistem asigură transmisia informaţiei sub forma unei succesiuni în timp — în raport cu o serie de impulsuri de sincronizare — a unor semnale formate în frecvenţă cu restabilirea semnalului iniţial la suprafaţă [143].

În vederea îmbunătăţirii transmisiei impulsurilor cu distribuţie aleatorie (în cazul metodelor nucleare) a căror frecvenţă depăşeşte banda de frecvenţă a canalului de transmisie, este propus un sistem cu două registre acumulatoare şi cu o schemă de comparare care formează semnalele de ieşire la un anumit raport al numărului de impulsuri acumulate în registre [144]. Impulsurile de sincronizare au frecvenţa în limitele benzii de transmisie a canalului şi comandă ieşirea schemei de comparare, în raport cu frecvenţa de sosire a impulsurilor, astfel încît semnalele din canalul de transmisie să fie distribuite în mod uniform cu frecvenţa, în limitele benzii de trecere.

Pentru creşterea preciziei de determinare şi transmitere a parametrilor geofizici şi a operativităţii controlului parametrilor se utilizează transmisiunea în impulsuri cu modulaţie în cod numeric, prin intermediul

unor transformatoare funcționale frecvență-cod, cu linearizare și scalare automată a traductorului de măsură, avînd caracteristică de ieșire monoton crescătoare [145]. Se pot utiliza convertoare universale, tranzistorizate, destinate pentru lucrul cu orice tip de aparatură de sondă, prevăzute cu sisteme de măsură numerice sau analogice. Un asemenea convertor poate fi constituit dintr-o schemă de generator RC, cu elemente variabile dinamice, asigurînd o stabilitate bună cu temperatura [146]. Sînt descrise, de asemenea, o serie de scheme de convertoare de frecvență pentru traductoare monofazate în punte, care utilizează un generator cu elemente dinamice pe bază de punte în T [148]. Amplitudinile semnalelor de c.a. de valoare mică, date de unele traductoare de măsură, pot fi transformate în cod numeric cu ajutorul unui dispozitiv convertor cu descărcarea tensiunii continue.

Se urmărește obținerea unei game dinamice mărite la transformatoarele funcționale frecvență-cod, prin realizarea unui dispozitiv care asigură un răspuns cu eroare minimă [149]. Caracteristica schemei o constituie prezența unor intrări suplimentare în registrul acumulator, care permit introducerea valorii de măsură a unui cod oarecare auxiliar, înainte de efectuarea procesului de măsurare. În fine, se mai propun unele convertoare analog-numerice pe baza unui traductor de deplasare-amplitudine, alimentat de la o sursă de c.a. cu amplitudine constantă și care utilizează o schemă bazată pe principiul transformării directe a amplitudinii de c.a. în cod numeric [150].

Este preconizată și aplicată pe o scară din ce în ce mai largă *înregistrarea numerică pe bandă magnetică a datelor de carotaj-direct în condiții de sondă* [30], în vederea prelucrării lor la calculatoarele electronice numerice. De real folos se dovedește aparatura specializată în înregistrarea magnetică a imaginilor de undă în carotajul acustic și a spectrelor semnalelor măsurate în diferitele metode de carotaj [151]. În vederea creșterii vitezei procesului de transmitere-prelucrare a informației geofizice de sondă, a fost elaborat un *sistem de transmisie* a informațiilor obținute cu ajutorul metodelor geofizice de investigație a sondelor, prin folosirea radiotelefonului și a rețelelor de teleimprimator și, de asemenea, cu ajutorul legăturilor prin sateliți [152]. Tipul de transmisie utilizat depinde de distanța pe care trebuie făcută transmisia și de caracteristicile canalelor de legătură avute la dispoziție — rețele naționale și internaționale de telefonie și teleimprimatoare, rețele de radio-relee, rețele submarine sau sateliți de comunicație.

În ceea ce privește *prelucrarea automată a informației geo-fizice* de sondă, dezvoltarea acesteia este axată pe două direcții principale:

a) utilizarea calculatoarelor electronice numerice de mare capacitate și realizarea de sisteme de programe de prelucrare, cu un grad mare de generalitate, cuprinzînd un număr mare de probleme de rezolvat și;

b) realizarea de minicalculatoare analogice sau numerice „specializate" pe un anumit gen de probleme, unele cu utilizare directă în condiții de sondă.

Astfel, în primul caz se semnalează fundamentarea unei metodici complexe de prelucrare automată a datelor geofizicii de sondă, în scopul determinării proprietăților colectoare ale stratelor și studierii detaliate a profilului litologic [153]. Aceasta presupune o automatizare maximală

a interpretării manuale, apropiind-o de aplicarea la scară industrială. Ca material primar servesc înregistrările sub formă numerică obţinute cu ajutorul metodelor geofizicei de sondă. În prima etapă se efectuează corelarea automată a adîncimilor şi introducerea corecţiilor pentru condiţiile de sondă. În acest stadiu se folosesc de asemenea transformările în formă numerică a dependenţelor multilaterale (abace) pentru calculul parametrilor necesari în operaţiunile următoare. Interpretarea ulterioară constă în compararea relaţiei între perechile de parametri, obţinuţi prin metode independente, stabilirea limitelor superioare şi inferioare ale intervalului de argilitate şi evaluarea influenţei hidrocarburilor asupra valorilor de porozitate determinate.

Pentru determinarea conţinutului în argilă se folosesc o serie de metode independente, ale căror indicaţii depind de acesta (PS, γ, ρ_A); siguranţa obţinerii unor valori cît mai de încredere a indicatorului de material argilos creşte cu mărirea numărului de metode independente pentru determinarea lui. Aceste date se compară cu valorile de porozitate determinate din carotajul neutronic şi calculate după relaţiile între perechile de parametri obţinuţi cu metodele sensibile la porozitate. Calculul conţinutului în petrol remanent din zona de invazie poate fi folosit pentru determinarea limitei gaze-petrol, după mărimea densităţii fazei fluide. Este considerat controlul determinării conţinutului în argilă prin compararea automată a datelor obţinute prin metode complexe (carotaj neutronic şi carotaj de densimetrie gama-gama) cu rezultatele interpretării altor metode. Rezultatele finale ale interpretării sînt reprezentate în formă analogică pe o diagramă, sub forma unor curbe de variaţie a conţinutului de argilă, a porozităţii efective, a saturaţiei în apă a stratului şi a zonei de invazie şi densitatea hidrocarburilor.

Tendinţa de dezvoltare a programelor de prelucrare automată este aceea a obţinerii unui sistem cît mai complet şi cuprinzător, aplicabil la colectoare cu litologie complexă, în prezenţa argilei şi cu conţinut de petrol sau gaze. Amintind numai în treacăt de o serie de astfel de programe complexe, cum ar fi sistemele SYNERGETIC [1], SARABAND [30] sau LOGMATIC [154], aplicabile în diferite condiţii, ne vom opri asupra celui mai complet din acestea şi anume sistemul CORIBAND, utilizat pentru evaluarea colectoarelor de litologie complexă, conţinînd cantităţi variabile de argilă [30], [155]. Sistemul are două opţiuni care se aplică unor colectoare de litologie constituită din două componente mineralogice şi argile: prima opţiune — „standard" — este utilizată pentru una din combinaţiile silice-calcit, calcit-dolomit sau dolomit-anhidrit la care se adaugă argila, în timp ce cea de-a doua opţiune — „dual mineral" — se aplică oricărui alt amestec de două componente mineralogice cu argilă. Sistemul utilizează datele de rezistivitate, microrezistivitate, P.S., carotaj radioactiv, acustic şi de densimetrie gama-gama. Programul conţine următoarele module principale: editare, preinterpretare, analiza „cross-plot"-urilor, interpretarea propriu-zisă, prezentarea rezultatelor. După modulul de editare, care are rolul de pregătire optimală a datelor de intrare, urmează preinterpretarea, care are drept scop îmbunătăţirea datelor primare, prin efectuarea corecţiilor pentru efectul găurii de sondă şi al turtei de colmataj, medierea valorilor ρ_{i0} şi executarea calculelor preliminare de determinare a valorii aproximative a porozităţii

(P) și a rezistivității reale (ρ_R), de estimare a diametrului de invazie (D_i) și a valorilor aparente a rezistivității apei interstițiale (ρ_{aiA}) și filtratului de noroi (ρ_{fnA}). Acestea din urmă sînt utilizate într-un pas următor pentru determinarea valorilor corecte pentru ρ_{ai} și ρ_{fn}. Modulul de analiză a cross-plot-urilor (respectiv a graficelor de dependență între perechile de parametrii) are ca scop selectarea modelului de interpretare, respectiv identificarea celor două componente mineralogice principale și a posibilei prezențe a argilelor și a gazelor, precum și determinarea parametrilor necesari în interpretare, cum ar fi caracteristicile argilelor și a celor pentru calibrarea unei serii de indicatori ai conținutului de argilă. Interpretarea propriu-zisă se execută punct cu punct și conține mai mulți pași :

— evaluarea conținutului de argilă (V_{arg}) prin determinarea unei serii de șapte indicatori de material argilos și considerarea indicatorului minim pentru fiecare punct, care aproximează cel mai bine valoarea V_{arg} ;

— calculul porozității utile (P_u) și a densității matricei (δ_m), plecînd de la o primă aproximare a porozității (P_a) din valorile CN și CD_{YY} corectate pentru argilă, calculul într-o primă aproximație a saturației reziduale în hidrocarburi a zonei de invazie (S_{rh}), utilizînd valorile ρ_{i0}, ρ_{fn} și parametrii argilei — V_{arg} și ρ_{arg}, efectuarea corecției porozității din CN și CD_{YY} (P_N și P_D) pentru efectul de hidrocarburi, utilizînd valorile S_{rh} și δ_h (densitatea hidrocarburilor) și determinarea valorii finale a porozității utile (P_u) printr-un proces de iterație, în cadrul fiecărui ciclu calculîndu-se o nouă valoare P_u și δ_m, astfel încît valorile finale, comparate cu cele precedente să nu difere mai mult decît cu o eroare prestabilită ;

— calculul valorii finale ρ_R, cu corecția pentru ρ_{i0} și D_i ;

— calculul saturației în apă (S_{ai}), utilizînd valorile ρ_R, ρ_{ai}, P_u V_{arg}, ρ_{arg} și ca parametrii opționali — factorul de cimentare, „m" și exponentul de saturație, „n" ;

— calculul altor parametrii geofizici : densitatea medie a matricei (incluzînd efectul argilei), porozitatea din carotajul acustic (P_A) corectată pentru efectul de argilă, indicele de porozitate secundară ($P_S = P_u - P_A$), indicele de hidrocarburi deplasabile și de hidrocarburi „în loc", integrarea porozității și a indicelui de hidrocarburi „în loc" etc.

Rezultatele interpretării sînt reprezentate grafic, sub formă analogică, de diagramă a variației parametrilor determinați cu adîncimea.

O atenție deosebită se dă interpretării automate a pandajmetriei, utilizînd metode de corelare automată [155].

În prelucrarea datelor geofizicii de sondă cu ajutorul calculatoarelor electronice numerice, se pot separa probleme de diferite grade de importanță în mai multe faze ale lucrărilor, cum ar fi [169] : locul și rolul (strategia) interpretării automate, pregătirea datelor pentru prelucrare și reprezentarea lor pentru a putea fi folosite la calculator, stabilirea procedeelor și algoritmelor de prelucrare automată și forma de reprezentare a rezultatelor. Programele de prelucrare pot fi completate cu probleme specifice prelucrării automate : programe de autoinstruire, programe de analiză prin regresie, programe complexe de determinare a compoziției formațiilor cercetate etc. Analizarea datelor numerice pentru mai multe sonde poate să dea elementele de bază pentru conducerea și planificarea direcțiilor de explorare și evidențiere a zonelor productive [156]. Princi-

palele probleme ale tehnicii şi metodicii de interpretare automată, bazele fizice şi matematice ale interpretării, schemele tehnologice ale sistemelor de automatizare, culegerea, păstrarea, prelucrarea şi interpretarea datelor de geofizică de sondă cu ajutorul calculatoarelor, aparatura necesară, complexul de algoritme şi programe pentru interpretarea operativă a diagrafiei, fac obiectul unei serii de lucrări apărute în literatura de specialitate [157]—[159]. De remarcat şi realizările obţinute în ţara noastră în această direcţie, cum ar fi interpretarea automată a pandajmetriei continue [160] şi utilizarea modelării matematice în determinarea compoziţiei litologice şi de conţinut a colectoarelor [161].

Pe cealaltă direcţie, a utilizării minicalculatoarelor, se semnalizează introducerea calculatoarelor analogice în rezolvarea unor probleme de interpretare direct în cursul procesului de carotaj, cum ar fi determinarea porozităţii în colectoare carbonatice granulare şi obţinerea unor diagrame de porozitate [162]. Tot în această direcţie este propusă o metodă de prelucrare a unui complex de măsurători de carotaj acustic, de densimetrie, neutronic şi inductiv cu ajutorul unui minicalculator analog, prin intermediul căruia se combină valorile porozităţii „acustice", „neutronice" şi „de densitate", cu valorile de rezistivitate reală şi cu valorile unei serii de parametri aleşi corespunzător, obţinîndu-se conţinutul în argilă, porozitatea globală şi cea efectivă, saturaţia în apă şi presiunea de strat [163]. Pentru anumite condiţii pot fi utilizate şi curbele de P.S., gama şi cavernometrie, iar rezultatele pot fi furnizate şi sub formă numerică pentru prelucrarea ulterioară la calculatoarele numerice.

În fine, se mai propune o metodă şi aparatură pentru prelucrarea automată concomitentă a datelor carotajului acustic, radioactiv, radioactiv şi de densitate, obţinute de la un aparat de sondă complex şi utilizate sub forma unor serii de matrice de dimensiune 4×4, în care fiecare matrice corespunde unui complex determinat de componenţi mineralogici (cîte trei componenţi) la care se adaugă porozitatea [164]. Criteriul pentru alegerea corectă a modelului reprezentat de matrice, îl constituie indicaţiile altor metode de carotaj — PS, ρ_R etc. Aparatura automată efectuează toate calculele şi redă rezultatele sub forma unor curbe continue, reprezentînd compoziţia litologică, porozitatea şi saturaţia.

*

Prezentul referat a încercat să prezinte cele mai semnificative probleme ridicate de dezvoltarea tehnologică a geofizicii de sondă pe plan mondial, pe baza unei serii de lucrări de specialitate (inclusiv descrieri de patente), fără a avea pretenţia de a fi putut acoperi toate aspectele, existînd o activitate vastă de cercetare privind atît realizarea de noi metode şi aparaturi de investigaţie, cît şi valorificarea rezultatelor obţinute.

Primit la redacţie la 4 noiembrie 1974

BIBLIOGRAFIE

1. * * * *Log Interpretation*, vol. I — *Principles*, Schlumberger, 1972.
2. * * * *The essentials of log interpretation practice*, Schlumberger Document, 1972.
3. Doll, H. G. The Laterolog: a new resistivity logging method with electrodes using an automatic focusing system, Trans. AIME, T.P. 3198, 1951.

4. J. E. Owen, W. J. Greer, *The Guard electrode logging system*, Trans. AIME, T.P. 3222 (1951).
5. N. A. Schuster, J. D. Bardon, E. R. Robbins, *Applications of the ISF/Sonic Combination tool to Gulf Coast formations*, Trans. GCAGS, 1971.
6. N. I. Rihlinskii, *Aparatura pentru carotajul divergent al sondelor*, Patent URSS, 321784 (1972).
7. Z. Barlay, *Laterolog resistivity logging, measuring apparatus and interpretation*, Manuscris, 1960.
8. V. N. Dahnov, *Geofizica de sondă*, Moscova, 1972.
9. H. Guyod, *Factors affecting the responses of Laterolog-type logging systems* (LL 3 și LL 7), Journ. Petr. Techn., febr. 211—219 (1964).
10. J. R. Schopper, *A simplified theoretical approach to the spatial response of focused logs*, The Log Analyst, **10**, *4*, iul.-aug., 9—16 (1969).
11. A. Roy, R. L. Dhar, *Radius of investigation in D.C. resistivity well logging*, Geophysics, **36**, *4*,754—760 (1971).
12. H. W. Janssen, *Dual focused log having alternately energized focusing apparatus therein*, Patent SUA, *3660755* (1972).
13. N. A., Kanina *Procedeu de determinare a parametrilor geoelectrici ai stratelor de diferite grosimi*, Razved. gheof., *54*, Nedra, Moskva, 150—152 (1972).
14. W. H. Fertl, G. W. Hammack, *Resistivity gradients observed on the new dual-laterolog and the laterolog-7*, The Log Analyst, **13**, *3*, 29—31 (1972).
15. H. G. Doll, *Introduction to induction logging and application to logging of wells drilled with oil base mud*, Trans. AIME, T. P. 2641 (1949).
16. J. H. Moran, K. S. Kunz, *Basic theory of induction logging and application to study of two-coil sondes*, Geophysics, **37**, *6*, 829—858 (1962).
17. W. C. Jr Duesterhoeft, *Propagation effect in Induction*, Geophysics, **26**, *2*, 192—204 (1961).
18. W. C. Duesterhoeft, Jr., H. W. Smith, *Propagation effects on radial response in induction logging*, Geophysics, **27**, *4*, 463—469 (1962).
19. V. N. Nikitina, *Soluția generală a problemei cu simetrie cilindrică în teoria carotajului inductiv*, Izv.. AN SSSR, s. Gheof., *4*, 607—616 (1960).
20. V. I. Dmitriev, *Cîmpul electromagnetic cu simetrie axială în mediul stratificat cilindric*, Izv. AN SSSR, Fizika Zemli, *11*, 56—61 (1972).
21. C. F. George, Jr., H. F. Smith, F. X. Bostick, *Application of inverse convolution techniques to improve signal response of recorded geophysical data*, Proc. IRE, **50**, *11*, 2313 (1964).
22. A. Babskow, *Aplicațiile teoriei informației la prelucrarea preliminară a diagrafiei de sondă*, St. Cerc. Geol. Geogr. Geof., Seria Geofiz., **10**, *2*, 281—433 (1972), și **11**, *1*, 89—127 (1973).
23. J. P. Warren, *Methods and apparatus for investigating the spontaneous potential of earth formations*, Patent SUA, *369146* (1972).
24. W. D. Sauter, *Well loging methods and apparatus for converting spatial derivative measurements to time derivative measurements*, Patent SUA, *3715653* (1973).
25. A. A. Kaufman, V. P. Sokolov, *Teoria carotajului inductiv ca metodă a proceselor tranzitorii*, Ed. Nauka, Novosibirsk, 1972.
26. A. A. Kaufman, A. M. Kaganski, *Metoda inductivă de studiere a rezistivității transversale în sonde*, Ed. Nauka, Novosibirsk, 1972.
27. V. V. Martîșev, V. P. Kalvarskaia, G. E. Stolțer, *Aparatura de carotaj electromagnetic*, Metodî razved. gheofiz., *17*, 4—12 (1972).
28. V. S. Zincenco, *Asupra efectului cavernelor în carotajul dielectric cu unde electromagnetice*, Izv. Vîșș. Uceb. Zavedenii, Gheol. i razvedka (1973).
29. R. J. Runge, *Method of detecting geological anomalous bodies lateral to a borehole, by comparing electrical resistivity measurements made using short-range measuring means and a long-spaced electrode array*. Patent SUA, *3697864* (1972).
30. R. Desbrandes, *37 ways to improve your well completions*, World Oil, **174**, *5*, 71—74 (1972).
31. R. J. Runge, D. G. Hill, *The role of anisotropy in ULSEL. The Log Analyst*, **13**, *13*, 17—24 (1972).
32. R. J. Runge, *Vertical resistivity logging*, Patent SUA, *1279105* (1972).
33. N. A. Gheivandova, G. K. Logovskaia, *Folosirea parametrilor anizotropiei drept criteriu de identificare a colectoarelor petrolifere*, Trudî VNII gheofiz. metodov razvedki, Azerb. otd, *1*, 117—121 (1973).
34. * * * *Telelog, nouvelle méthode d'exploration à trés grandes distances des sondages*, Pétrole informs, *1221*, 15—16 (1972).
35. R. Desbrandes, R. L. A. Gabilard, F. C. J., Louge, Z.A.F. Bassouni, *Telelog spots oil strata 3000 feet from well bore*, World Oil, p. 58, sept (1971).

36. R. GABILLARD, F. LOUAGE, R. DESBRANDES, *Procédé de prospection des terrains situés autour d'un forage*, Patent Franţa, *96508* (1972).
37. R. H. MERKEL, *Resistivity analysis for plane-layer half space models with burried current source*, Gheophysical Prospecting, **19**, *4*, 626—639 (1971).
38. R. H. MERKEL, S. S. ALEXANDER, *Resistivity analysis for models of a sphere in a half-space with burried current source*, Geophysical Prospecting, **19**, *4*, 640—651 (1971).
39. R. DESBRANDES, F. LEBRETON, P. MORLIER, J. P. SARDA, *Méthodes et appareil lages pour la détection et le repérage des discontinuités dans les couches de terrain traversées par un sondage*, Patent Franţa, *2067511* (1971).
40. D. J. DOWLING, G. R. ATWOOD, *Induction logging apparatus having a common series element for nulling*, Patent SUA, *3715655* (1973).
41. M. R. J. WYLLIE, A. R. GREGORY, G. H. F GARDNER, *An experimental investigation of factors affecting elastic wave velocities in porous media*, Geophysics, **23**, *3* (1958).
42. M. P. TIXIER, R. P. ALGER, C. A. DOH, *Sonic Logging*, Journ. Petr. Technol., **11**, *5* (1959).
43. M. R. J. WYLLIE, A. R. GREGORY, G. H. F. GARDNER, *Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media*, Geophysics, **21**, *1* (1965).
44. R. L. MORRIS, D. R. GRINE, T. E. ARKFELD, *Using compressional and shear acoustic amplitudes for the location of fracture*, Journ. Petr. Techn., **16**, *6* (1964).
45. R. O. LINDSETH, *Application of signal theory to well log interpretation*, Trans. of 7-th Ann, Logging Symp. SPWLA, 1966.
46. G. R. PICKETT, *Acoustic character logs and their applications in formation evaluation*, J.P.T., **15**, *6* (1963).
47. A. POUPON, W. R. HOYLE, A. W. SCHMIDT, *Log analysis in formations with complex lithologies*, SPE of AIME, Paper SPE 2925, Houston, oct., 1970.
48. J. A. BURKE, R. L. JR. CAMPBELL, A. W. SCHMITD, *The litho-porosity cross plot*, The Log Analyst, nov.-dec., 1969.
49. * * * *Acoustic cement bond log*, Dresser Atlas Technical Bulletin, 1971.
50. E. B. REYNOLDS, D. J. TIMKO, A. M. ZANIER, *Potential hazards of acoustic log shale pressure plots*, Jour. Petr. Techn., **25**, 1039—1044 (1973).
51. J. O. GUY, W. D. M. SMITH, A. H. HOUMANS, *The sidewall acoustic-neutron log*, The Log Analyst, **13**, *2*, 21—31 (1972).
52. R. G. BEIL, *Acoustic impedance logging using reflection coefficients*, Patent SUA, 3739328 (1973).
53. E. N. BRAGO, O. I. KOROLEV, *Metodă integrală de analiză a semnalelor acustice în carotajul acustic*, Trudî Mosc. inst. neftechim i gaz. prom.-sti, *105*, 61—69 (1973).
54. R. DESBRANDES, *Méthode et dispositif pour determiner des caractéristiques des formations géologiques par émission des signaux acoustiques*, Patent Franţa, *2145100* (1973).
55. E. S. FEODOROVA, V. N. RUKAVIŢÎN, I. B. MOŞCINSKI, *Metodă de determinare a proprietăţilor de absorbţie a mediului prin intermediul carotajului acustic în impuls*, Patent URSS, 381052 (1973).
56. V. N. RUKAVIŢÎN, E. C. FEODOROVA, I. R. DADERKO, I. B. MOŞCINSKI, *Metodă de carotaj acustic al sondelor*, Patent URSS, *381051* (1973).
57. B. F. WILEY, *Sonic logging apparatus*, Patent SUA, *3734233*.
58. G. B. GORBOVIŢKII, G. S. SALIKOVA, *Procedeu de măsurare a timpului de interval în carotajul acustic*, Prikladnaia gheof., *68*, 202—209 (1972).
59. C. L. DENNIS, J. ZEMANEK, Jr. *Method and apparatus for logging the characteristics of materials forming the walls of a borehole*, Patent SUA, *3728672* (1973).
60. J. E. CHAPMANN, *Well logging methods and apparatus*, Patent SUA, *3724589* (1973).
61. J. G. LEE, *Well logging methods and apparatus*, Patent SUA, *3676842* (1972).
62. D. SILVERMAN, *Holographic well-logging system*, Patent SUA, *3631385* (1971).
63. C. L. DENNIS, *Three-dimensional presentation of borehole logging data*, Patent SUA, *3668619* (1972).
64. G. M. GROENDYKE, *Display of borehole wall configuration*, Patent SUA, *3718204* (1973).
65. G. L. LEGER, *Well-logging apparatus*, Patent SUA, *3590940* (1971).
66. G. L. PETKEVICH, V. V. LESHCHUK, *Acoustic well-logging utilizing refracted waves*, Int. Geol. Rev., **15**, *3*, 266—275 (1973).
67. L. S. PRIŢKER, I. A. BUTUZOV, Z. E. SLUCIANKO, *Perspectivele metodei transparenţei acustice între sonde*, Colecţia VII Vses. Nauc.-Tehn. Gheofiz. Konf., Kiev, 28—29 (1972).
68. R. P. ALGER, L. L. RAYMER, W. R. HOYLE, M. P. TIXIER, *Formation density log applications in liquid-filled holes*, Jour. Petr. Techn., **15**, *3* (1963).
69. J. TITTMAN, J. S. WAHL, *The physical foundations of formation density logging (gamma-gamma)*, Geophysics, p. 284—294, april, 1965.

70. J. S. Wahl, J. Tittman, C. W. Johnstone, *The dual spacing formation density log*, Jour. Petr. Techn., **16**, *12* (1964).
71. R. Gaymard, A. Poupon, *Response of neutron and formation density logs in hydrocarbon-bearing formation*, The Log Analyst, **9**, *5* (1968).
72. W. H. Fertl, D. J. Timko, *Occurence and significance of abnormal pressure formations*, Oil and Gas Journ., ian., *5* (1970).
73. W. H. Fertl, D. J. Timko, *How abnormal-pressure detection techniques are applied*, Oil and Gas Journ., ian., *12* (1970).
74. A. P. Grumbkov, ș.a. *Perspectivele folosirii surselor comandate de radiație gama pentru determinarea densității rocilor*, Trudi VNII iader. geofiz. i gheohimii, *14*, 154—165 (1973).
75. I. G. Diadkin, ș.a. *Aproximația dependenței de timp în carotajul gama-gama de densitate în impuls*, Atomnaia energhia, **35**, *4*, 272—273 (1973).
76. I. B. Burdin, V. I. Utkin, *Instalație pentru etalonarea dispozitivelor gama-gama*, Gheofiz. App., *49*, Nedra, Moskva, 74—77 (1972).
77. B. R. Jones, *The use of downhole gravity data in formation evaluation*, The Log Analyst, **13**, *6*, 15—21 (1972).
78. J. Tittman, *Radiation logging. Fundamentals of logging*, Univ. of Kansas, 1956.
79. J. Tittman, H. Sherman, W. A. Nagel, R. P. Alger, *The sidewall epithermal neutron porosity log*, Jour. Petr. Techn., *10* (1966).
80. R. P. Alger, S. Locke, W. A. Nagel, H. Sherman, *The dual spacing neutron log — CNL*, *SPE of AIME*, *SPE 3565* (1972).
81. A. Poupon, C. Clavier, J. Dumanoir, R. Gaymard, A. Misk, *Log analysis of sand-shale sequences — a systematic approach*, Jour. Petr. Techn., *7* (1970).
82. F. Segesman, O. Liu, *The excavation effect*, SPWLA Symposium, 1971.
83. B. R. Jones, *Downhole gravity tool spots distant posority*, World Oil, **175**, *2*, 56—59 (1972).
84. L. S. Allen, W. R. Mills, K. P. Desai, R. L. Caldwell, *Some features of dual-spaced neutron porosity logging*, The Log Analyst, **13**, *4*, 22—28 (1972).
85. A. H. Youmanson, E. C. Hopkinson, R. A. Bergan, H. L. Oshry, *Neutron lifetime a new nuclear log*, Journ. Petr. Technology, *3* (1964).
86. J. S. Wahl, W. B. Nelligan, A. H. Frentrop, C. W. Johnstone, R. J. Schwartz, *The thermal neutron decay time log*, Journ. Petr. Techn., *12* (1970).
87. S. A. Kantor, N. A. Nuhman, *Cercetări teoretice asupra posibilităților de determinare a conținutului de H în intercalațiile subțiri, prin metoda CNNI*, Trudi VNII iader. gheof. i gheohimii, *14*, 54—64 (1973).
88. A. H. Youmans, *Pulsed neutron well logging apparatus having a channet for determining background radiation*, Patent SUA, *3706884* (1972).
89. E. C. Hopkinson, A. H. Youmans, *Simultaneous pulsed neutron well logging*, Patent SUA, *3691378* (1972).
90. A. H. Youmans, W. D. Bishop, P. A. Wichmann, *Application of the neutron lifetime log in new wells*, The Log Analyst, **12**, *2*, 3—13 (1971).
91. J. E. Richardson, R. E. Wyman, J. R. Jorden, F. R. Mitchell, *Methods for determining residual oil with pulsed neutron capture logs*, Journ. Petr. Techn., **25**, 593—606 *5* (1973).
92. A. Lauber, C. Landstró, *A* Ge(Li) *borehole probe for in situ gamma ray spectrometry*, Geophys. Prospect., **20**, *4*, 800—813 (1972).
93. E. M. Kadisov, V. V. Miller, I. S. Simelevici, *Aplicarea spectrometrelor* Ge-Li *pentru analiza radiațiilor neutronice a rocilor*, Trudi VNII iader. gheof. i gheohimii, **14**, 21—42 (1973).
94. D. C. Moore, J. Tittman, *Improvements in borehole nuclear logging techniques*, Patent Anglia, *1282937* (1972).
95. S. Antkiv, J. Tittman, *Semiconductor detector borehole logging technique*, Patent SUA, *3633030* (1972).
96. S. B. Denisov, *Alegerea parametrilor dispozitivului în aparatura de carotaj dielectric*, Prikl. gheof., *69*, 171—175 (1972).
97. P. Bois, M. La Porte, *Well-to-well seismic measurements*, Geophysics, **37**, *3*, 471—480 (1972).
98. V. P. Kalvarskaia, G. E. Stolțer, *Carotajul electromagnetic în sondele de minereuri*, Metodi razved. gheofiz., *17*, 35—45 (1973).
99. I. L. Morgan, J. R. Rhodes, *Probe for locating specific elements in a borehole*, Patent SUA, *3697752* (1972).
100. E. P. Leman, ș.a. *Carotajul roentgenometric al sondelor subterane pentru zăcămintele de minereuri de molibden și wolfram*, Gheof. app., *50*, 108—112, Nedra, Moskva (1972).

101. L. C. HEADLEY, *Nuclear magnetic resonance relaxation of* ^{7}Li *and* ^{1}H *in Appalachian petroleum reservoir rocks containing* LiCl *solution*, Nature Phys. Sci., **242**, *119*, 87—88 (1973).
102. A. TIMUR, *Nuclear magnetic resonance study of carbonate rocks*, Log Analyst, **13**, *5*, 3—11 (1972).
103. S. M. AKSELROD, ş.a. *Perspectivele aplicării carotajului magnetic nuclear în zona Uzen*, Azerb, neft. h-vo, *4*, 7—8, (1973).
104. K. A. SARKISOV, V. I. DANEVICI, G. L. ORLOV, *Cu privire la precizia de evaluare a amplitudinii iniţiale a semnalului precesiei libere*, Neft i Gaz, *5*, 95—98 (1973).
105. R. J. S. BROWN, *Crossed-coil nuclear magnetism well-logging apparatus and method utilizing a polarizing field and an additional polarizing field to shift the direction of polarization*, Patent SUA, *3723856* (1972).
106. C. VERMETTE, *Industrial technique*, Patent SUA, *3670185* (1972).
107. L. A. ALLAUD, J. RINGOT, *The high resolution dipmeter tool*, The Log Analyst, *3*, 3—11 (1969).
108. S. J. PIRSON, *Geologic well log analysis*, Gulf Publ. Co., Houston, Texas, 1970.
109. G. I. PETKEVICI, *Cu privire la problema studierii proprietăţilor fizice ale rocilor colectoare în condiţii care modelează stratele*, Gheofiz. sbor. AN USSR, *49*, 28—36 (1972).
110. I. M. GOLDIN, *Cu privire la problema constantelor neutronice*, Gheol. i Geofiz., Novosibirsk, 1973.
111. V. I. HLÎSTOV, *Carotajul acustic şi studierea proprietăţilor fizico-mecanice ale rocilor*, Razvedka i ohrana nedr, *12*, 40—45 (1972).
112. H. WÖBKING, *Zur Kritik des sogenannten „Zementationsfaktors"*, Gerlands Beitr. Geophys., **81**, *6*, 465—470 (1972).
113. V. D. SAROVARIN, ş.a. *Determinarea coeficientului de umplere în petrol şi gaze ale rocilor aleuritice — grezoase după datele de PS*, Neftegazov. gheol. i gheof., *8*, 30—33 (1972).
114. V. D. SAROVARIN, M. S. SOKOLOV, *Studierea argilizării gresiilor aleuritice după rezultatele metodei gama*, Neft i Gaz, *1*, 9—12 (1973).
115. N. N. ZEFIROV, ş.a. *Perfecţionarea metodicii de interpretare cantitativă a datelor de carotaj pentru gresii argiloase*, Razved. gheof., *57*, 150—154 (1973).
116. Z. BARLAY, *Some principal questions of well-logging of hydrocarbon bearing sandstones with a high silt and clay content: experience acquired by the field application of a new method*, The Log Analyst, **12**, *3*, 7—30 (1971).
117. H. GUYOD, P. A. WICHMANN, *Theorretical notes on the resistivity of shaly sands*, The Log Analyst, **13**, *3*, 11—16 (1972).
118. R. L. CAMPBELL, Jr. *Recent advances in log evaluation*, World Petr., **43**, *2*, 22—30 (1972).
119. A. POUPON, J. LEVEAUX, *Evaluation of water saturation in shaly formations*, The Log Analyst, **12**, *4*, 3—8 (1971).
120. C. R. BOARDMAN, G. W. HAMMACK, W. H. FERTL, C. E. ATKINSON, *Evaluation of low permeability gas-bearing formations in Rio Blanco County*, Colorado, J. P. T, **25**, 1125—1129 (1973).
121. O. V. SISAKIN ş.a. *Metodele fizicii nucleare în probarea sondelor la explorarea şi exploatarea zăcămintelor de bauxită din Kazahstanul de Nord*, Iaderno-fiz. metodi issled. pri razvedke i exploataţii mestoroj. ţvet., red. i ftorosoder polezn. iskopaemih, p. 111—125, Moskva, 1972.
122. V. I. IŞCENKO, A. V. LEIKIN, *Cu privire la separarea bauxitelor pe zăcămîntul Vislovsk după datele carotajului radioactiv*, Vopr. iader. gheofiz. i neftegaz. gheohimii, p. 60—63, Moskva, 1972.
123. A. M. JELTIKOV, ş.a. *Evaluarea calităţii bauxitelor în sonde cu ajutorul activării cu neutroni cu energia de 14 MeV şi spectrometria radiaţiei gama de activare*, Trudi VNII iad. gheof. i gheohimii, *13*, 66—74 (1972).
124. G. K. ZORIN, *Despre posibilităţile carotajului la explorarea zăcămintelor de mangan — Nicopolsk*, Metodi razved. gheof., nr. *17*, 45—49, Leningrad (1973).
125. I. P. KOSELEV, ş.a. *Metoda de activare în probarea minereurilor din zăcămintele de fluorină*, Iaderno-gheofiz. metodi, Nauko, Novosibirsk, p. 207—210 (1972).
126. B. M. KOLESOV ş. a. *Cu privire la teoria carotajului neutron-gama pentru fluor*, Metodi rudnoi gheofiz., *10*, 142—153, Nedra, Moskva (1972).
127. V. A. EHROV ş.a. *Metodele geofizice de cercetare a sondelor din zăcămintele de mercur din Kirkizia*, Razved. i ohrana nedr, *2*, 130—134 (1973).
128. P. M. VOLFSTEIN, A. N. JELTIKOV, *Cercetări experimentale ale metodei CNI pentru condiţii zăcămintelor de mercur*, Trudi VNII iader. gheofiz. i gheohimii, *13*, 74—80 (1972

129. J. A. Czubek, *Pulsed neutron method for uranium well logging*, Geophysics, **37**, *1*, 160—173 (1972).
130. A. N. Makarov, *Cercetări geofizice pe zăcămintele de șisturi bituminoesa*, Culegerea „Formații goriucih slanțev", p. 116—127, Valgus, Tallin, 1973.
131. V. M. Miroșnicenko, *Determinarea indicatorilor calitativi ai șisturilor combustibile după datele carotajului gama-gama*, Razved. gheofiz., *56*, 170—175 (1973).
132. A. A. Klimov, *Aplicarea dispozitivelor microfocalizate pentru studierea structurii stratelor de cărbuni din bazinul Peciorsk*, Razved. gheofiz., *56*, 161—170 (1973).
133. * * * *Introducerea unei noi aparaturi pentru cercetarea sondelor de explorare a cărbunilor*, Culegerea „VII Ves. naucin-tehn. gheofiz. konf., Lvov, 1972", p. 5—7 — Moskva, 1972.
134. V. V. Popov, *Despre interpretarea complexă a cercetărilor geofizice în sondele de explorare a cărbunilor cu metodele statisticii matematice*, Trudî Donbas. m-i lab., Minist. gheol. SSSR, *3*, 206—212 (1971).
135. I. M. Gerșanovici, *Metodî i tehniceskie sredstvo dlia karotaja ghidrogheologhiceshik skvajin*, Trudî VNII ghidrogheol. i inj. gheol., *52*, 24—32 (1973).
136. I. B. Lisogroski, *Despre măsurarea adîncimilor la carotajul sondelor adînci*, Culegerea „Gheofiz. issled. na Ukraine", p. 156—159, Tehniko, Kiev, 1973.
137. P. F. Dubiniuk, A. E. Kulinkovivi, A. E. Lanțman, *Calculul eficienței economice a cercetărilor geofizice de sondă după datele zăcămintelor petrogazifere ale R.S. S. Ukraina*, Culegerea „Materiali gheofiz. issled. na Ukraine", p. 43—54, Kiev, 1972.
138. M. Bondarenko, ș.a. *Cu privire la problema folosirii dispozitivelor inelare prin prăjini pentru carotajul electric al sondelor în procesul de foraj*, Prikl. gheofiz., *69*, 181—190(1972).
139. I. K. Sarkisov, *Metodica efectuării carotajului în procesul de foraj cu un aparat de sondă autonom*, Razved. gheofiz., *55*, 171—176 (1973).
140. W. E. Cubberly, Jr. *Data-signaling apparatus for well-drilling tools*, Patent SUA, *3736558* (1973).
141. J. K. Godey, D. E. Hawk, V. R. Slover, *Logging-while-drilling apparatus*, Patent SUA, *3739331* (1973).
142. R. W. Pitts, Jr. *Means and method for time-sharing multichannel well logging*, Patent SUA, *3725857* (1972).
143. K. A. Bennet, *Data transmission responsive to synchronization signal*, Patent SUA, *3727129* (1973).
144 C. R. Mc Laughlin, J. B. West, *High resolution telemetry for random pulse outputs*, Patent SUA, *3720910* (1973).
145. E. N. Brago, G. K. Bogatkin, *Transformatoare funcționale analog-numerice pentru linearizarea și calibrarea informației geofizice de sondă*, Trudî Mosc. inst. neftehim. i gaz. prom. -sti (MINGP), *105*, 61—63 (1973).
146. V. A. Dmitriev, *Transformator (convertor) tranzistorizat pentru aparatură de sondă*, Trudî MINGP, *105*, 40—47 (1973).
147. G. K. Bogatkin, E. N. Brago, *Transformarea amplitudinilor de c.a. în cod*, Trudî MINGP, *105*, 71—73 (1973).
148. V. A. Dmitriev, N. N. Dmitrieva, I. I. Gorbacev, *Analiza funcționării convertoarelor de frecvență cu elemente dinamice pentru aparatura geofizică de sondă*,, Trudî MINGP, *105*, 16—27 (1973).
149. B. I. Zaițev, *Convertor (transformator funcțional) frecvență-cod cu gamă dinamică mare pentru investigări geofizice în sondă*, Trudî MINGP, *105*, 65—68 (1973).
150. G. K. Bogatkin, E. N. Brago, L. P. Piciughina, *Convertor analog-numeric cu traductor deplasare-amplitudine cu transformator diferențial*, Trudî MINGP, *105*, 78—83 (1973).
151. N. N. Sohranov, P. F. Frolov, *Înregistrarea numerică a rezultatelor cercetărilor geofizice a sondelor*, Prikl. gheofi z., *71*, 173—177 (1973).
152. R. Gaymard, *La transmission de l'information appliquée aux diagraphies*, Rev. Assoc. franc. techn. pétrole, **14**, *2*, 13—16 (1972).
153. A. Poupon, R. Gaymard, *Procédé pour le traitement automatique des résultats de la diagraphie dans les forages*, Patent Franța, *2102380* (1972).
154. A. W. Schmidt, A. G. Land, J. D. Yunker, E. C. Kilgore, *Application of the CORIBAND technique to complex lithologies*, The Log Analyst, **13**, *1*, 19—36 (1972).
155. L. G. Schoonover, O. R. Holt, *Computer methods of diplog correlation*, Soc. Petrol. Eng. Journ., **13**, *1*, 31—38 (1973).
156. * * * *Making log analysts of geologists*, Oilweek, **23**, *51*, 27—28 (1973).

157. N. N. SOHRANOV, *Metode de prelucrare şi interpretare automată a rezultatelor cercetărilor geofizice ale sondelor*, Nedra, Moskva, 1973.
158. A. I. SIDORCIUC, *Evaluarea parametrilor zăcămintelor după datele geofizicii de sondă cu ajutorul maşinilor electronice de calcul*, Prikl. gheofizi., *69*, 175—181 (1972).
159. A. F. FOKIN, G. S. EMELIANOV, *Automatizarea proceselor de înregistrare, prelucrare şi interpretare a datelor geofizice de sondă*, Culegerea „VII Vses. naucin.-tehn. gheof. konf., Lvov, 1972", p. 13—14, Moskva, 1972.
160. A. BABSKOW, V. NEGOIŢĂ, C. NIŢĂ, *Interpretarea automată a pandajmetriei continue cu ajutorul calculatoarelor numerice*, Petrol şi Gaze, **21**, *11*, 643—655 (1970).
161. V. NEGOIŢĂ, *Mathematical models for computer processing ot borehole logs obtained in carbonate rocks*, Rev. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., Serie Géophysique, **16**, *2* (1972).
162. I. V. PEISIKOV, P. F. PUZÎREV, V. E. LEBEDEV, *Folosirea tehnicii analogice la interpretarea automată în procesul de carotaj*, Razved. gheofiz., *56*, 184—189 (1973).
163. M. TIXIER, *Methods of processing well logging data*, Patent SUA, *3638484* (1972).
164. D. H. TINCH, R. L. CAMPBELL, Jr., E. S. ELIAHON, A. W. SCHMIDT, *Methods and apparatus for processing well logging data*, Patent SUA, *3721960* (1973).
165. V. M. MOROZ, *Studierea proprietăţilor fizico-mecanice ale rocilor din bazinul Karaganda, după datele cercetărilor geofizice ale sondelor*, Culegerea „VII Vses. nauc.-tehn. gheofiz. konf., Kiev. 1972", p. 27—28, Moskva, 1972.
166. V. V. POPOV, E. A. DAŞEVSKAIA, *Despre legătura măsurătorilor geofizice cu proprietăţile fizico-mecanice ale rocilor*, Razv. gheof., **54**, 152—156, Nedra (1972).
167. R. B. TRUMAN, R. P. ALGER, J. G. CONNELL, R. L. SMITH, *Progress report on interpretation of the dual-spacing neutron log (CNL) in the US*, The Log Analyst, **13**, *4*, 3—21 (1972).
168. V. VALTR, *Carotajul sondelor în rezolvarea problemelor de geologie inginerească şi hidrogeologie*, Magy. geofiz., **13**, *1—2*, 47—48 (1972).
169. I. CZEGLÉDI, *Prelucrarea datelor geofizicii de sondă cu calculatoare numerice*, Magy. geofiz., **13**, *1—2*, 13—17 (1972).
170. A. YOUMANS, *Well logging method for determining the presence of aluminium and magnesium*, Patent SUA, *3662173* (1972).
171. F. N. ENIKEEVA, *Influenţa sursei asupra distribuţiei neutronilor în medii omogene*, Neft i Gaz, *60* (1972).
172. O. V. SISAKIN, ş.a. *Complexul raţional de cercetări nucleare în sonde pe zăcămintele de bauxită de tip gibbsit*, Colecţia „Vses. nauc.-tehn. gheofiz. konf., Kiev, 1972".

RECENT DEVELOPMENTS IN WELL LOGGING

ABSTRACT

The most recent and significant developments in well logging technology are presented as a review paper.

Some of the main problems of electrical, acoustic, nuclear, and other methods (density, nuclear magnetism logging and dipmeter) utilized in geophysical borehole exploration have been described first. The following chapters cover petrophysics, logging of exploration holes drilled for ores and coal deposits, and some auxiliary techniques for borehole survey. Last chapters deal with transmission and computer processing of well logging data.

The paper includes a large list of references.

REVISTE PUBLICATE ÎN EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

STUDII ŞI CERCETĂRI DE GEOLOGIE, GEOFIZICĂ ŞI GEOGRAFIE

— GEOLOGIE
— GEOGRAFIE
— GEOFIZICĂ
— GEOLOGIE

REVUE ROUMAINE DE GÉOLOGIE, GÉOPHYSIQUE ET GÉOGRAPHIE

— GÉOLOGIE
— GÉOGRAPHIE
— GÉOPHYSIQUE
— GÉOLOGIE

REVISTA STUDII ŞI CERCETĂRI DE GEOLOGIE, GEOFIZICĂ ŞI GEOGRAFIE, — GEOFIZICĂ

publică studii şi cercetări originale, comunicări şi note din domeniile :

— gravimetrie,
— seismologie şi prospecţiuni seismice,
— fizica atmosferei şi meteorologie,
— geomagnetism şi aeronomie,
— electrometrie,
— prospecţiuni geofizice.

Manuscrisele se vor preda în două exemplare dactilografiate la două rînduri, iar formulele vor fi scrise clar şi citeţ cu cerneală, specificîndu-se pe margine sau prin sublinieri de diferite culori caracterele de literă sau semnele speciale. Nu se admit decît cel mult două corecturi de caractere de literă scrise cu tuş negru, pe o coală dactilografiată. Fiecare exemplar va fi însoţit de figuri şi grafice, care se vor desena în tuş pe hîrtie de calc, de exemplificaţia figurilor, de tabele şi bibliografie. Îndicaţiile bibliografice se vor da în următoarea ordine : numele complet al autorului, titlul revistei, volumul, pagina, anul (între paranteze). Pentru cărţi se vor da : titlul integral, editura, locul şi anul de apariţie.

LUCRĂRI APĂRUTE ÎN EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

IULIU POP, Magnetismul pământurilor rare, 1968, 416 p., 28 lei.

A. CIŞMAN, B. F. ROTHENSTEIN, A. POLICEC, Fenomene fizice în metale feromagnetice solicitate, 1968, 150 p., 8 lei.

P. ŞANDRU şi A. ŢOPA, Radionuclizii, 1968, 335 p., 16 lei.

C. CONSTANTINESCU şi A. GLODEANU, Stări locale în semiconductori, 1967, 436 p., 24 lei

E. GAŞPAR şi M. ONCESCU, Introducere în radiohidrologie, 1967, 344 p., 20,50 lei.

CARMEN SABĂU, Schimbul ionic. Teoria şi aplicaţiile sale în chimia analitică, 1967, 307 p., 12 lei.

D. N. POENARU şi N. VÎLCOV, Măsurarea radiaţiilor nucleare cu dispozitive semiconductoare, 1967, 374 p., 17 lei.

BICA IONESI, Stratigrafia depozitelor miocene de platformă dintre valea Siretului şi valea Moldovei, 1968, 396 p. +41 pl., 21,50 lei.

D. RĂDULESCU, R. DUMITRESCU, Mineralogia topografică a României, 1967, 377 p. + 1 pl., 21 lei.

V. MUTIHAC, Structura geologică a compartimentului nordic din sinclinalul marginal extern (Carpaţii Orientali), 1968, 127 p.+ 1 pl., 7,75 lei.

D. PATRULIUS, Geologia Masivului Bucegi şi a culoarului Dîmbovicioara, 169, 324 p. + 13 pl., 28 lei.

ION MÂRZA, Evoluţia unităţilor cristaline din sud-estul Munţilor Mari, 1969, 167 p. +12 pl., 14 lei.

V. IANOVICI şi colab., Evoluţia geologică a Munţilor Metaliferi, 1969, 734 p.+ 40 pl., 55 lei.

AL. KISSLING, Studii mineralogice şi petrografice în zona de exoskurn de la Ocna de Fier (Banat), 1967, 172 p.+2 pl., 9 lei.

St. cerc. geol., geofiz., geogr., GEOFIZICĂ, T. 13 P. 1—162, Bucureşti, 1975

I.P.I. — c. 389

43867

Lei 40